



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže



Zefektivnění dané součásti v SKD Bojkovice

Efficiency of the component in the SKD Bojkovice

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Student:

Bc. Luboš Roza

Ostrava 2013



VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Luboš Roza**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: Zefektivnění dané součásti v SKD Bojkovice
Efficiency of the Component in the SKD Bojkovice

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Rozbor stávající technologie výroby typové součásti.
3. Návrh nové technologie výroby typové součásti.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

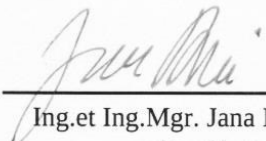
- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
[2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
[4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry



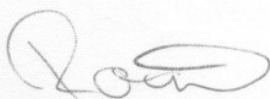

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl sem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 6.5.2013

..... 



podpis studenta

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších (zákon i vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 6.5.2013

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Luboš Roza

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Mánesova II 948

687 71 Bojkovice



ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ROZA, L. *Zefektivnění dané součásti v SKD Bojkovice : Diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 52 s. Vedoucí práce: Kratochvíl, J.

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci z roku 2011 – Zefektivnění výroby typové součásti, která se zabývala nahrazením vrtání na klasických vrtačkách vrtáním na CNC frézovacím centru po operaci frézování. Tato práce navazuje na zefektivnění výroby a zabývá se frézovací operací a důsledným výběrem nástrojů, při použití aplikací výrobců nástrojů. Po následném výběru je simulováno frézování, srovnány časy stávající a obráběcí časy simulované a určena efektivnost výroby.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ROZA, L. *Efficiency of the component in the SKD Bojkovice : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Machining and Fabrication Institute, 2013, 52 p. Thesis head: Kratochvíl, J.

This master thesis establish on bachelor thesis from 2011 - Type Component Production Reengineering, which deal with substitution drilling on classic drilling machines by drilling on CNC milling machine. This thesis establish on efficiency production and deals with milling and consistent choice of tools using systems of producers. After this choice there is simulation of milling, comparison existing times with simulation times and specify efficiency of production.



Obsah diplomové práce

	Strana
Seznam použitých značek a symbolů.....	8
1 Úvod.....	9
2 Charakteristika problému.....	10
2.1 Představení firmy SKD Bojkovice.....	11
2.1.1 Představení společnosti	11
2.1.2 Politika jakosti.....	12
2.1.3 Certifikace.....	12
2.2 Popis součástí.....	13
3 Technologický postup výroby.....	14
3.1 Materiál.....	15
3.2 Polotovár a jeho příprava	16
3.2.1 Úhlování.....	16
3.3 Vrtání.....	16
3.3.1 Vrtání hlubokých děr.....	17
3.4 Frézování hrubovací.....	18
3.5 Kalení	19
3.6 Broušení.....	19
3.7 Frézování přesné.....	20
3.8 Elektrojiskrové hloubení.....	21
3.9 Řezání drátovou elektrodou.....	21
3.10 Leštění.....	22
4 Kritéria výběru nástroje.....	23
4.1 Pramet.....	23
4.1.1 Pramet ECatalog.....	23
4.2 Sandvik Coromant.....	25
4.2.1 Sandvik Coromant Start Values.....	25
4.3 Iscar.....	27
4.3.1 IbaQus a ITA.....	27
4.3.2 IbaQus mobilní aplikace.....	28
4.3.3 ITA – Iscar Tool Advisor.....	31



4.4 Výsledná volba nástroje.....	34
5 Zefektivnění frézování.....	35
5.1 Výběr použitých fréz a volba řezných podmínek.....	35
5.1.1 Frézování čelní plochy a čelního osazení.....	36
5.1.2 Frézování horní kapsy.....	37
5.1.3 Frézování boční kapsy 1.....	38
5.1.4 Frézování bočních kapes 2 a 3	39
5.2 Simulace frézování v programu Mastercam.....	41
6 Technicko-ekonomické zhodnocení	46
7 Závěr	49
Seznam použité literatury	50



Seznam použitých značek a symbolů

a_p	hloubka drážkování	[mm]
a_e	šířka drážkování	[mm]
r	zaoblení	[mm]
v_c	řezná rychlost	[m/min]
n	otáčky	[1/min]
f_z	posuv na zub	[mm/zub]
v_f	posuvová rychlost	[mm/min]



1 Úvod

Strojírenský průmysl je historicky nejvýznamnějších průmyslovým odvětvím v České republice i EU. Již jako Československo patřila republika mezi 10 nejvýznamnějších světových strojírenských států. Jako jedním z hlavních strojírenských tahounů této doby lze považovat automobilový průmysl, který se výrazně podílí na českém exportu.

Díky neustávajícímu tlaku na cenu a kvalitu je nutné, aby strojírenské firmy dbali na efektivnost výroby a výrobního procesu. S tímto je spojen i vývoj nejrůznějších software, nových materiálů i výrobních postupů. Tyto nové technologie umožňují snižovat cenu konečného výrobku při stejné nebo i lepší kvalitě a tím konkurovat dalším českým nebo zahraničním výrobcům. Zavádění těchto optimalizací ve výrobě je v dnešní době jediná cesta, jako zůstat konkurenceschopným výrobcem.

Důležitým a rychle se rozvíjejícím trendem je využití vysokých otáček, tzv. HSC (High Speed Cutting). Tato metoda vysokorychlostního obrábění však vyžaduje velké nároky na veškeré výrobní i nevýrobní zařízení (stroj, nástroj, obrobek, přípravek) a taky nastavení. Zavádění těchto technologií do výrobního procesu je však finančně náročné, nicméně do budoucna nezbytné.

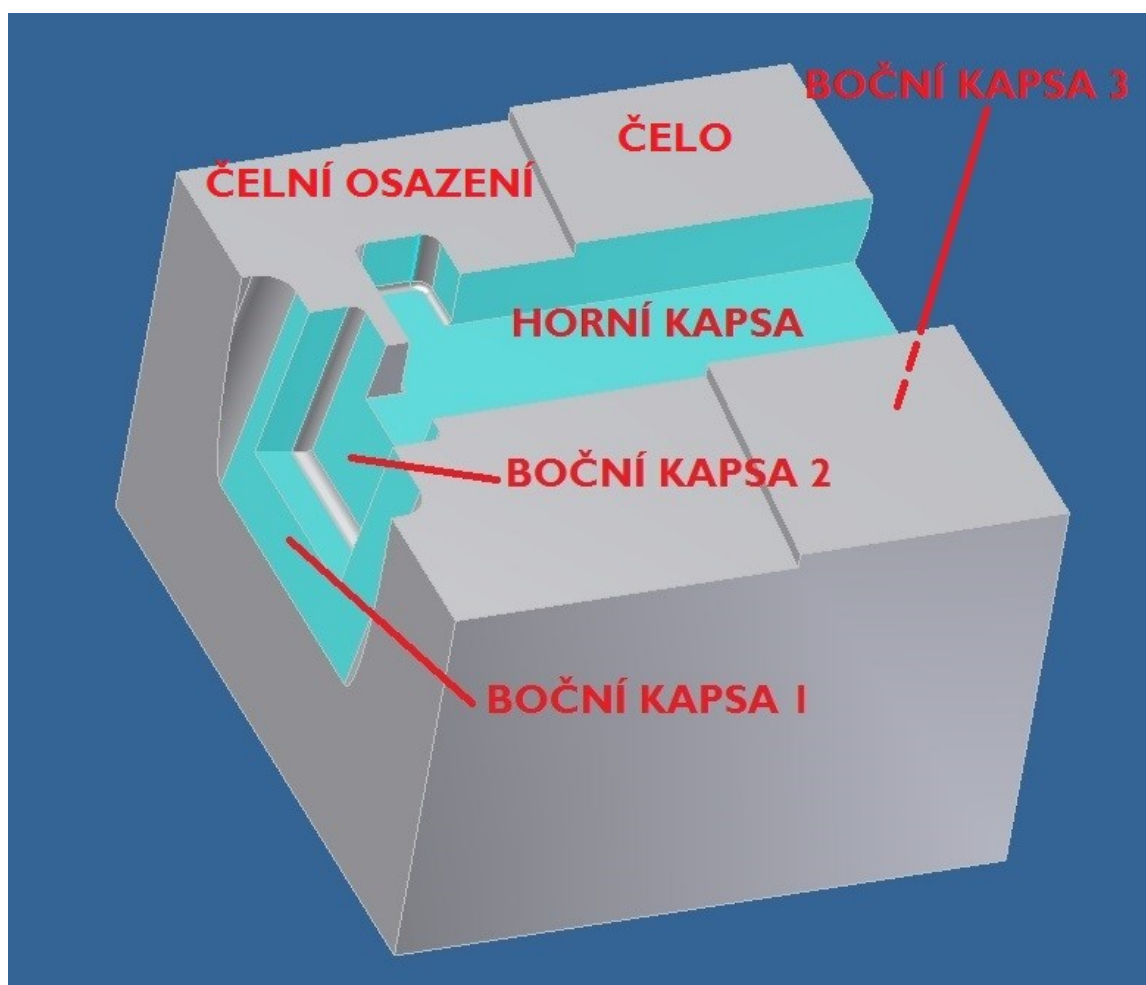
Konkurenceschopné strojírenství je předmět zájmu jak zahraničních, tak i tuzemských investorů a podpora vývoje a výzkumu je tak klíčová pro udržení i zvyšování úrovně strojírenství s efektem dlouhodobé stabilizace investic do tohoto odvětví. Strojírenský průmysl je a bude vždy stěžejním odvětvím v ČR.

2 Charakteristika problému

Po zlepšení výsledků v bakalářské práci, kde bylo optimalizováno vrtání a tím zkrácen čas výroby použitím nových nástrojů a využitím CNC strojů, je vhodné optimalizovat další technologickou operaci – frézování.

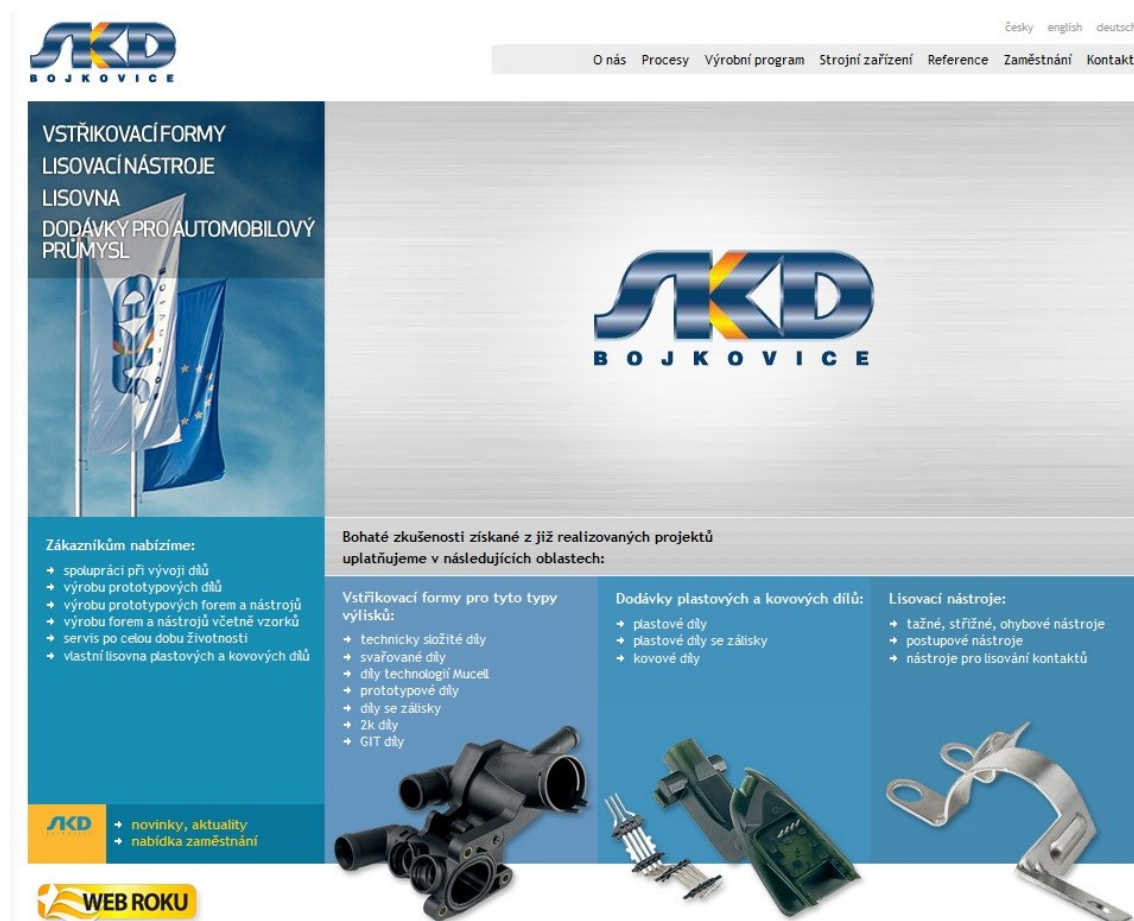
Ve firmě SKD Bojkovice jsou v současné době používány CNC frézovací centra a frézy od firmy WNT. V nabídce jsou však produkty i jiných světových i českých firem. Tyto zdroje nebyly delší dobu prověřeny a je vhodné prozkoumat blíže nabídku jednotlivých firem a porovnat výkonnost těchto produktů s cílem optimalizovat řezné podmínky, tím prodloužit životnost nástrojů a zkrátit výrobní časy a tím ušetřit finanční prostředky.

Při výrobě součásti KERN bude frézována horní drážka, jako ulehčení pro následné hloubení. Další dvě boční kapsy budou frézovány frézami o různých průměrech. Celá tato operace frézování bude frézována na jedno upnutí na CNC frézovacím centru.



Obr. 2.1 součást KERN a popis frézovaných kapes

2.1 Představení firmy SKD Bojkovice



Obr. 2.2 Hlavní stránka webu SKD Bojkovice [1]

2.1.1 Představení společnosti

Již od roku 1990 se společnost SKD zaměřuje na přesnou strojírenskou - nástrojařskou výrobu se specializací na konstrukci a výrobu vstříkovacích forem a lisovacích nástrojů, především pro automobilový průmysl. Firma se po celou dobu své existence dynamicky

rozvíjí a každoročně investuje nemálo prostředků do moderních strojů a technologií. Ke konci roku 2010 má 152 zaměstnanců a ročně produkuje cca 110 vstříkovacích forem, což ji řadí mezi větší nástrojárny v Evropě. Disponuje špičkovým technickým a technologickým vybavením, dobrým zázemím, zkušeným personálem, kvalitním know-how a dostatkem zkušeností s dodávkami do automobilového průmyslu. [1]



2.1.2 Politika jakosti

- Usilujeme o to, abychom nadále posilovali svou pozici mezi podobně zaměřenými organizacemi v České republice a státech EU.
- Chceme se stát pravidelným systémovým dodavatelem a dosáhnout, u našich zákazníků, zařazení naší organizace do kategorie A.
- Nadále se budeme snažit o důsledné porozumění potřebám našich zákazníků a to důsledným zpracováním jejich požadavků a vysokou úrovní komunikace.
- Vedoucí pracovníci budou nadále vytvářet kulturu organizace tak, aby naši pracovníci plně chápali, že zaměření na potřeby zákazníka rozhoduje o našem úspěchu. [1]

2.1.3 Certifikace

Naše firma má zavedený a certifikovaný:

system řízení kvality dle ISO 9001:2000,

system ochrany životního prostředí dle ISO 14001:2005.

Celý system řízení kvality je pravidelně prověřován:

Zákaznickými audity: BOSH, VISTEON, SIEMES VDO Automotive, HELLA atd.

Kontrolními audity: TÜV SÜD držitele certifikátu dle ISO 9001:2000. [1]

Kontakt:

Sídlo firmy:

SKD Bojkovice

Husova 549

687 71 Bojkovice

Česká Republika



Obr. 2.3 Část firmy SKD Bojkovice [1]

Tel.: +420 572 610 141 (ústředna)

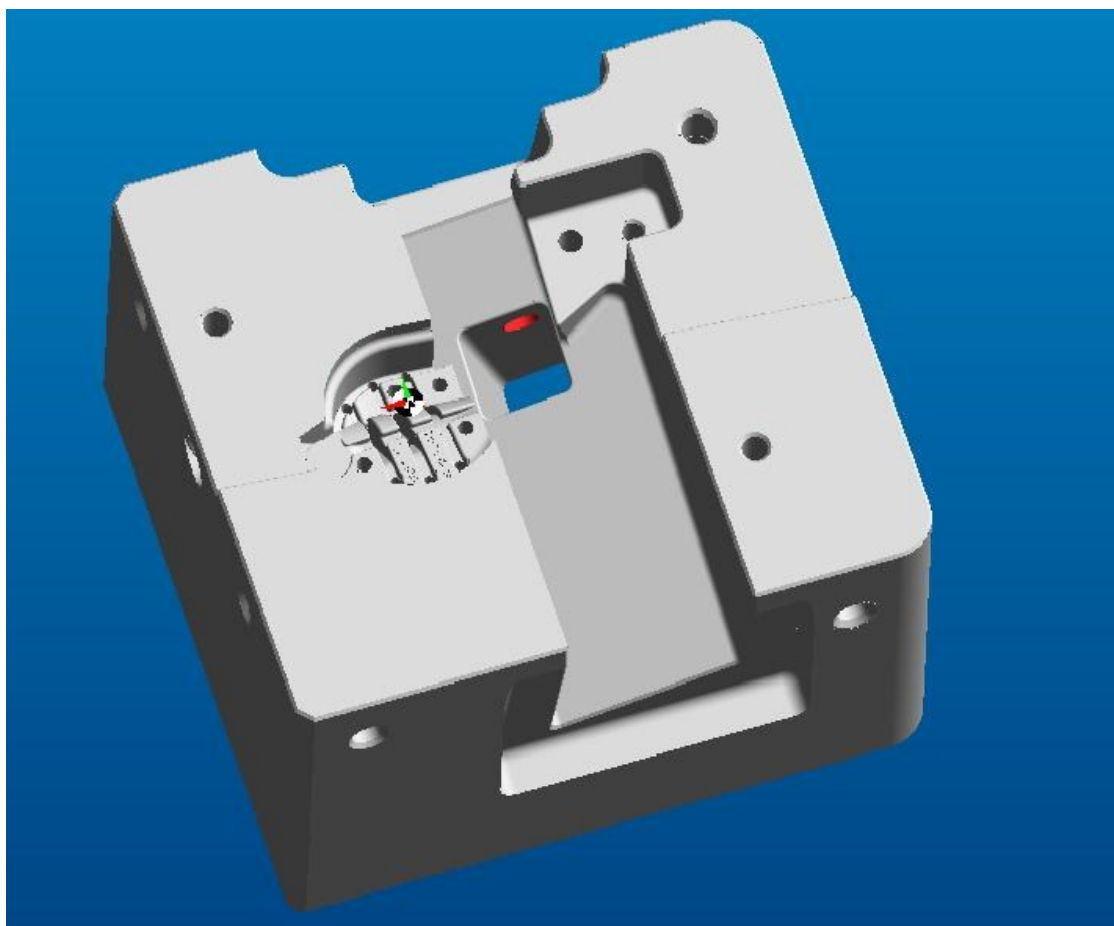
Fax: +420 572 641 259

E-mail: skd@skd-bojkovice.cz

www.skd-bojkovice.cz

2.2 Popis součásti

Již od bakalářské práce byla pro můj účel zvolena součást formy pro lisování plastů s pracovním názvem KERN. Tahle součást je jednou z mnoha dílů formy. V tomto kusu se nachází mnoho děr pro vyhazovače, vnitřní chlazení, závity i startovací díry pro řezání drátem. Přesně úhlované stěny jsou broušeny na velmi přesné rozměry pro přesné zasazení do tvárníku. Některé pohledové plochy jsou leštěny ručně ve směru vysunutí výlisku, pro lepší vzhled a snadnější vyhození výlisku z formy. Součást KERN obsahuje mnoho obráběcích operací a proto je vhodná pro řešení optimalizací při výrobě. Součást je zobrazena na Obr. 2.4 .



Obr. 2.4 Součást KERN v předním pohledu



3 Technologický postup výroby

V této kapitole je popsán technologický postup výroby součásti KERN spolu se zkráceným popisem použitých technologií. Ve firmě SKD jsou využity moderní stroje i technologie k dosažení požadované kvality při udržení nízkých cen a časů výroby. V Tab. 3.1 je zkrácený technologický postup.

Tab. 3.1 Technologický postup

číslo operace	Název operace	popis	stroj	Nástroj
2	úhlování	200x216x150 + 0.2	centrum MU-500VA-L	fréza Ø 30
3	vrtání	díry pro chlazení, vyhazovače + startovací	centrum MU-500VA-L	vrtáky WNT WTL
4	frézování hrubovací	kapsy horní a boční	centrum MU-500VA-L	frézy Iscar dle ITA
5	kalení	52 HRC		
6	broušení	200-0,02 x 216-0,02 x 134.52	bruska na plocho BRH 20 CNC	kotouč 300x40x120
7	frézování přesné	přesné profily a kapsy	centrum MU-500VA-L	frézy Iscar dle ITA
8	elektrojiskrové hloubení	hloubení tvarových ploch	sodick AG80L	měděné elektrody
9	řezání drátovou elektrodou	tvarově složité otvory	Alpha C600iA	Drát PENTA CUT – G
10	leštění	leštění pohledových ploch		sklokeramická vlákna

Dále se diplomová práce zabývá hlavně zefektivněním hrubovacího frézování díky volbě nástrojů a řezných podmínek.



3.1 Materiál

Volba materiálu padla na ověřenou ocel pro práci za studena z řady výrobce Böhler s označením K720, v převodu tedy ČSN 19312. Tuto ocel již firma používá několik let pro její vlastnosti a kvalitu.

BÖHLER	W.-Nr.	DIN	ČSN
BÖHLER K100	<1.2080>	X210Cr12	19 436
BÖHLER K105	<1.2601>	X165CrMoV12	19 572
BÖHLER K107	< 1.2436>	X210CrW12	19 437
BÖHLER K110	<1.2379>	X153CrMoV12	19 573
BÖHLER K245	<1.2101>	62SiMnCr4	19 452
BÖHLER K305	<1.2363>	X100CrMoV5-1	19 571
BÖHLER K340 ISODUR	-	-	-
BÖHLER K353	-	-	-
BÖHLER K360 ISODUR	-	-	-
BÖHLER K390 MICROCLEAN	-	-	-
BÖHLER K455	<1.2550>	60WCrV7	19 735
BÖHLER K460	<1.2510>	100MnCrW4	19 314
BÖHLER K490 MICROCLEAN	-	-	-
BÖHLER K510	<1.2210>	115CrV3	19 421
BÖHLER K600	<1.2767>	X45NiCrMo4	19 655
BÖHLER K605	~1.2721	50NiCr13	19 614
BÖHLER K700	<1.3401>	X120Mn12	~ 17 618
BÖHLER K720	<1.2842>	90MnCrV8	19 312
BÖHLER K890 MICROCLEAN	-	-	-

Obr. 3.1 Převodní tabulka ocelí Böhler pro práci za studena [2]



3.2 Polotovary a jeho příprava

Firma Böhler dodává polotovary na zakázku, na tomto případě dodala polotovary o rozměrech 200x200x150mm. V těchto rozměrech je započítán nutný přířez i přídavek na broušení. Příprava polotovaru je jedním z nejdůležitějších úkonů při výrobě této součásti.

3.2.1 Úhlování

Operace úhlování je prováděna na frézce, za účelem obrobení stěn polotovaru tak, aby všechny stěny svíraly úhel 90° při co nejmenších možných úchylnkách. Je to základní kámen výroby celého kusu. Protože pro obrábění bude nutné ustavení kusu ve více polohách, pro přesnost ostatních obráběcích metod je nutná kolmost všech stěn. Pro správné úhlování se používají nejlépe frézy s velkým průměrem a vyměnitelnými břitovými destičkami. Ve firmě SKD je z praxe vyplývající přídavek 0,2mm pro následné broušení dostačující. Tato hodnota zaručuje, že po tepelném zpracování se stěny nedostanou mimo požadovaný tvar a taky je vhodný pro následné broušení. Kdyby přídavek na stěně byl větší, broušení by bylo zdlouhavější a tím i nákladnější.

3.3 Vrtání

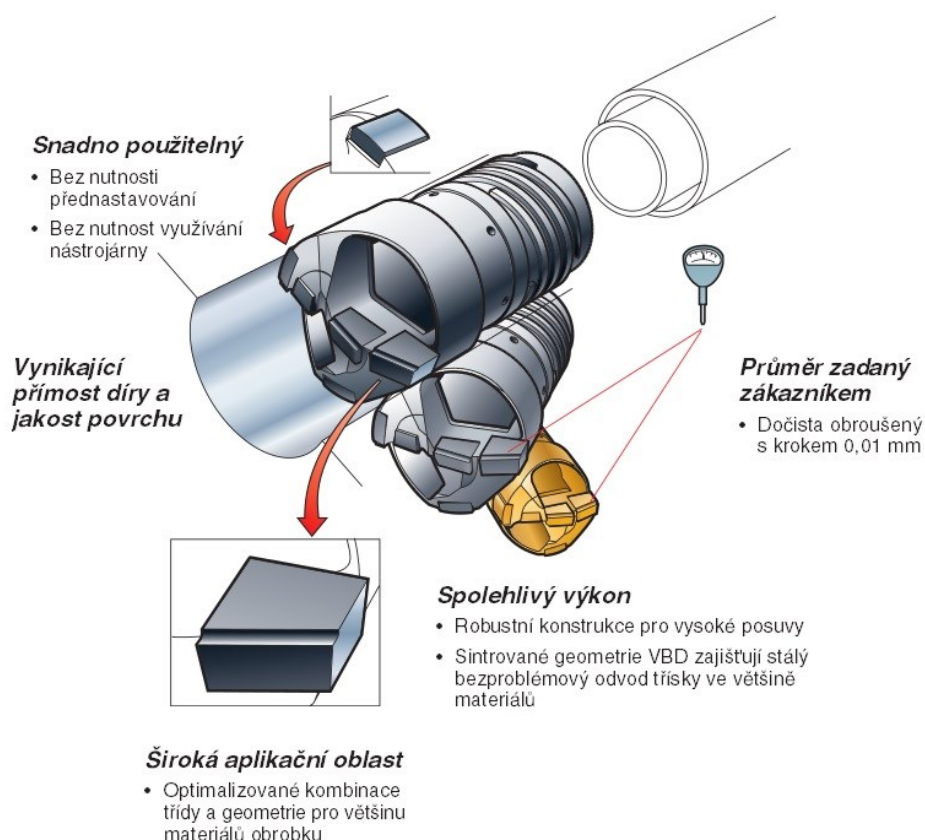
Vrtání bylo předmětem mé bakalářské práce. Při výrobě součásti KERN je podstatnou částí výroby, protože pro funkčnost celé formy je nezbytné, aby díry pro vyhazovače byly velmi přesně vyvrtány. Nepřesným vyvrtáním by na pohledové ploše vznikly výstupky vyhazovačů, což by se projevilo na výlisku jako prohlubně. Zbroušení takových výstupků je ručně zdlouhavé a nepřesné. V bakalářské práci byly pro vrtání navrženy lepší nástroje a optimalizovány řezné podmínky. Samotné vrtání pak probíhalo na CNC frézovacím centru. Souřadnicové řízení zaručilo přesné a rychlé vrtání, čímž se zkrátil vrtací čas.

3.3.1 Vrtání hlubokých děr

Vrtání hlubokých děr je obrábění s relativně vysokým poměrem hloubky k průměru. Zatímco při běžných postupech vrtání děr je jen zřídka překročena hloubka odpovídající pětinasobku průměru, při vrtání hlubokých děr se může jednat o poměr 150:1, a každá díra s hloubkou překračující desetinásobek průměru musí být rozhodně považována za hlubokou a vyžaduje specializovanou techniku vrtání.

Vrtání hlubokých děr lze provádět různými způsoby: s rotujícím obrobkem, s rotujícím nástrojem nebo s rotujícím obrobkem i nástrojem. Nejobvyklejší je ale rotující obrobek s tím, že nástroj provádí lineární posuv.

Nezávisle na způsobu vrtání vždy zůstávají v platnosti základní principy vrtání a stále je zásadně důležitá správná volba řezných rychlostí a posuvů. Úspěšné utváření třísky a odvádění třísek od břitu bez poškození nástroje i obrobku jsou zásadně důležité. Dělové vrtání dokáže obrábět menší díry než systém Single Tube a je mnohem produktivnější. Ejektorový systém je alternativou v případech, kdy se vrtají menší výrobní série a není k dispozici specializovaný stroj. [9]



Obr. 3.2 Hlava pro vrtání [9]

3.4 Frézování hrubovací

V této části obráběcího procesu se zaměřujeme na rychlé a efektivní odebrání materiálu rovinné i tvarové plochy. Konkrétně se jedná o dvě boční kapsy, jednu spodní a horní drážku. Všechny kapsy se frézují s přídavkem 0,5mm pro další přesné HSC frézování. Toto frézování bude probíhat po zakalení, kvůli možné deformaci součásti. Přesný rozměr bude frézován pouze na čelní ploše, kde zůstane přídavek na broušení pouze 0,2mm.

Racionální výrobní postupy představují ústřední bod moderní výroby zápustek a forem. Kratší procesní řetězce využívající kompletního obrábění (hrubovací a dokončovací HSC frézování, vrtání do plna, vyvrtávání, závitování, hluboké vrtání) a automatizace k maximálnímu časovému využití vřetene stroje znamenají ve svém důsledku kratší dodací lhůty, zlepšenou jakost konstrukčních dílů i snížení výrobních nákladů.

Speciální horizontální obráběcí centra, navržená pro HSC obrábění kalených materiálů, dokážou na základě popisů geometrie podle CAD ekonomicky frézovat přímo do kalených materiálů. Podstatnou úlohu přitom hrají jak použité řezné materiály a řezné nástroje, tak také informačně technické prostředí.



Obr. 3.3 Fréza Iscar pro vysokorychlostní frézování [10]

3.5 Kalení

Jako další technologický krok výroby součásti KERN je kalení. I přes další následující třískové obrábění se součást kalí, kvůli případné deformaci. Součást se po zakalení znovu obrábí kvůli přesnosti. Zakalení se provádí na tvrdost 52 HRC.

3.6 Broušení

Broušení je následující operace po operaci kalení. Z důvodů mírné deformace po kalení je nutné ještě obrousit přídavek po frézování, který byl zvolen při úhlování na 0,2mm a při hrubovacím frézování drážek a kapes na 0,5mm. Tyto přídavky jsou vypořizovány z praxe a jsou vhodné. Do těchto přídavků se i po kalení jistě vlezou deformace a zůstanou v mezích přídavků. Boční stěny budou broušeny na přesný rozměr v přesně kolmých stěnách na 200-0,02mm x 216-0,02mm x 134.52mm. Dále je broušena čelní plocha, na které byl opět přídavek 0,2mm. Je nutné dosáhnout vysoké přesnosti rozměrů, kvůli dalšímu přesnému ustavení obrobku při dalších operacích, jako jsou drátové řezání apod.

V oblasti konstrukce forem v nejrůznějších výrobních odvětvích patří v současnosti „broušení ploch“ a „broušení vnějších kulatých ploch mezi špičkami“ ke standardním postupům. Pro většinu standardních strojních typů máme na skladě zásobu kotoučů, které jsou specifikovány dle jednotlivých případů. Používají se zde rovné kotouče, popř. kotouče s jednostranným nebo oboustranným vybráním. Pro speciální potřeby se provádí optimalizace pomocí speciálních výrobků. U broušení ploch se používají jak hrubé, tak i měkké kotouče, často s porézním pojivem pro zlepšení přívodu chladicí kapaliny a pro odvod pilin. U broušení vnějších kulatých ploch se používají většinou kotouče střední tvrdosti a střední zrnitosti. [12]



Obr. 3.4 Kotouče pro broušení na plocho [12]

3.7 Frézování přesné

Za použití tvrdokovových fréz a vysokých otáček se bude obrábět přídavek po hrubovacím frézování. Je nutné použít speciální frézy pro obrábění kalených materiálů. Důvod frézování na dvě fáze je nižší čas a menší spotřeba nástrojů, protože při přesném frézování se v našem případě obrábí pouze přídavek 0,5 mm nejlépe metodou HSC (High Speed Cutting) pro dosažení lepší drsnosti povrchu i času obrábění.

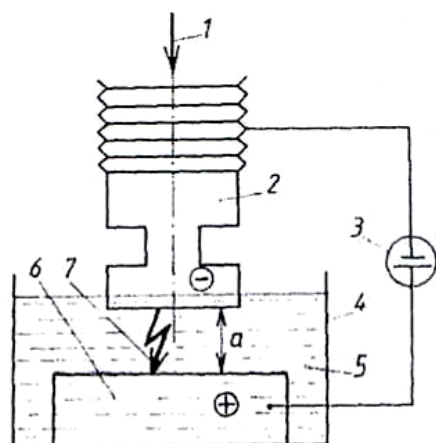
Speciální horizontální obráběcí centra, navržená pro HSC obrábění kalených materiálů, dokážou na základě popisů geometrie podle CAD ekonomicky frézovat přímo do kalených materiálů. Podstatnou úlohu přitom hrají jak použité řezné materiály a řezné nástroje, tak také informačně technické prostředí. Frézování vysoce pevných kalených materiálů ($R_m = 2000 \text{ N/mm}^2$) v rozsahu tvrdostí od $HRC = 48$ do $HRC = 54$ lze dobře zvládnout, jestliže omezující technické podmínky budou přímo zahrnuty v návrhu procesu a strategiích obrábění. [7]



Obr. 3.5 Nové frézy z veletrhu EMO [7]

3.8 Elektrojiskrové hloubení

Jedná se o hlavní nekonvenční metodu obrábění při výrobě vstřikovacích forem, hlavně tedy při obrábění tvarově složitých a pohledových ploch. Na součásti KERN bude hloubeno několik částí. Hlavní hloubená část je pohledová žebrovaná, která se bude dále ještě leštit. Ostatní hloubené tvary už nejsou pohledové ale funkční.



- 1 - směr posuvu nástrojové elektrody,
- 2 - nástrojová elektroda,
- 3 - generátor,
- 4 - pracovní vana,
- 5 - tekuté dielektrikum,
- 6 - obrobek,
- 7 - elektrický výboj,
- a - jiskrová mezera (GAP).

Obr. 3.6 Princip elektroerozivního obrábění [11]

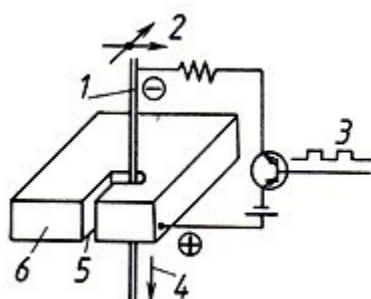
3.9 Řezání drátovou elektrodou

Řezání drátovou elektrodou je často využívaná metoda ve výrobě SKD Bojkovice, pomocí níž se řezou přesné otvory pravidelných i nepravidelných tvarů.

Na obr.3.7 je znázorněn princip elektroerozivního řezání drátovou metodou. Tato metoda umožňuje vyrábět tvarové přímky plochy, což znamená, že tvořící čarou těchto ploch je přímka. Nástrojová elektroda je tvořena tenkým drátem, který se pomocí speciálního zařízení odvíjí, aby se předešlo jeho nadměrnému opotřebení. Drát je většinou měděný a mosazný a výjimečně i molybdenový. Mezi nástrojovou elektrodou a obrobkem vznikají elektrické výboje. Pracovní mezera mezi obrobkem a elektrodou se vytváří samočinně úběrem materiálu obrobku před elektrodou. Drátová elektroda musí mít kromě vysoké elektrické vodivosti zejména tyto vlastnosti:

- dostatečnou mechanickou pevnost
- vysokou přesnost průměru drátu, tzn. úzké tolerance průměru
- vysokou tvarovou přesnost, tedy kruhovitost

[5]



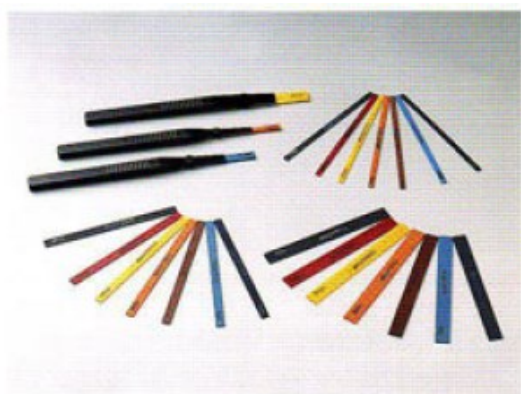
Princip elektroerozivního řezání drátovou elektrodou

1 – drátová elektroda, 2 – CNC řídicí systém,
3 – generátor, 4 – směr posuvu elektrody, 5 – vyřezaná
drážka, 6 – obrobek

Obr. 3.7 Princip elektroerozivního řezání drátovou metodou [5]

3.10 Leštění

Hlavním cílem leštění na součásti KERN je pohledová plocha, kde se bude stýkat vstřikovaný plast s touto plochou. Plocha výlisku je ve většině případů na žádost zákazníka lesklá, kromě výjimek. Abychom dosáhli vysokého lesku je nutné po hloubení tyto plochy leštit. To se provádí ručně pomocí keramických skelných vláken (obr. 3.8). Při tomto ručním leštění je nutné dodržet zásadu leštění bočních plošek, aby směr leštění byl stejný jako vyjmutí výlisku. Díky tomu je zajištěno snadnější vyjmutí výlisku z formy.



Typ plochý (扁平型)



Typ kruhový (圓柱型)

Obr. 3.8 Keramická skelná vlákna

4 Kritéria výběru nástroje

Dnešní trh nabízí vysoký počet výrobců nástrojů. Pro tuto diplomovou práci byli vytipováni tři výrobci, kteří mají vyvinuté systémy pro usnadnění výběru nástroje a volbu optimálních podmínek pro použité nástroje. Mezi tyto tři hlavní výrobce jsem zařadil jednu z největších českých firem Pramet, dále pak Sandvik a Iscar. Všechny tři firmy mají dlouholetou tradici a ověřenou kvalitu výrobků. V následujících částech budou detailně popsány tyto firmy a jejich aplikace pro volbu nástrojů a řezných podmínek.

4.1 Pramet

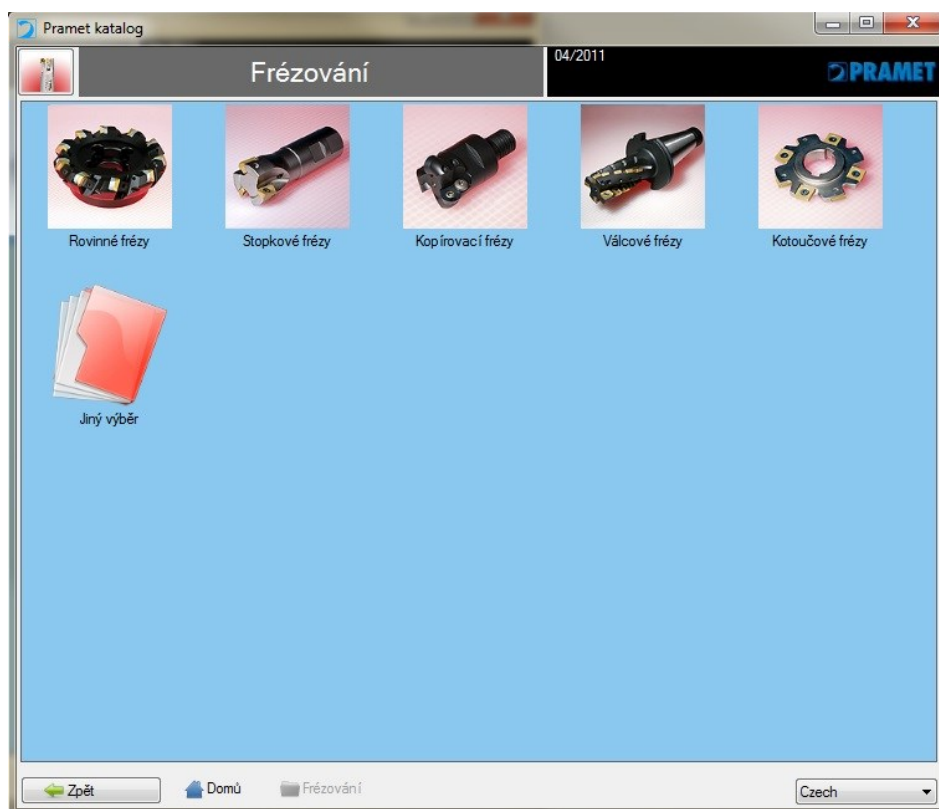
Česká republika je nejen sídlem centrály Pramet Tools, ale zároveň naším domovským a nejdůležitějším trhem. O tento trh pečuje tým prodejců SK nástrojů, v jehož čele stojí pan Zbyněk Schreiber. O více než dva a půl tisíce našich aktivních zákazníků pečuje devět obchodníků a sedm techniků - specialistů. Od roku 1999, kdy toto oddělení vzniklo, jsme ušli dlouhou a úspěšnou cestu, díky které jsme dnes s ročním obratem bez mála 0,5 mld. Kč jedničkou na českém trhu SK nástrojů. [8]



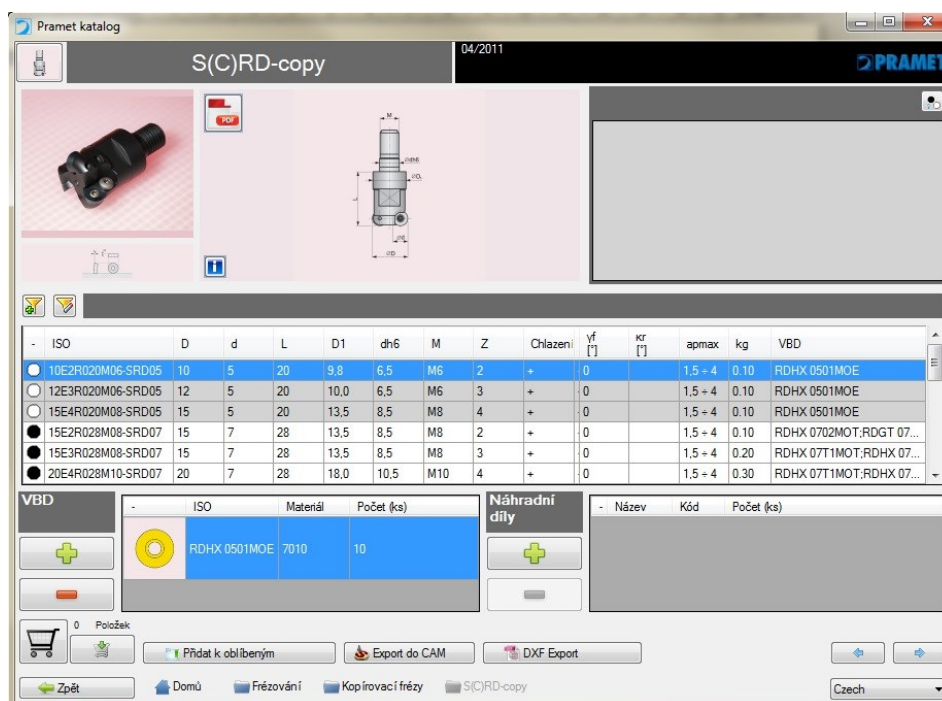
Obr. 4.1. Sídlo firmy Pramet Tools [8]

4.1.1. Pramet ECatalog

Tato aplikace firmy Pramet má zajistit rychlý a snadný výběr nástroje, popř. břitové destičky a možností následného objednání. Aplikace funguje na principu katalogu, který je ovšem velmi přehledně a srozumitelně zpracován do aplikace, která usnadní orientaci v jejich katalogu. Velkou výhodou je možnost objednání nástroje přímo z katalogu. Nevýhodou tohoto systému je právě omezení jen na katalogové znalosti, bez možnosti zadání chlazení nebo ostatních parametrů obrábění. Další nevýhodou je nutná instalace do počítače uživatele, protože nepracuje pouze na internetovém rozhraní.



Obr. 4.2 Náhled ECatalogu Pramet [8]



Obr. 4.3 Náhled 2 ECatalogu Pramet [8]

4.2 Sandvik Coromant

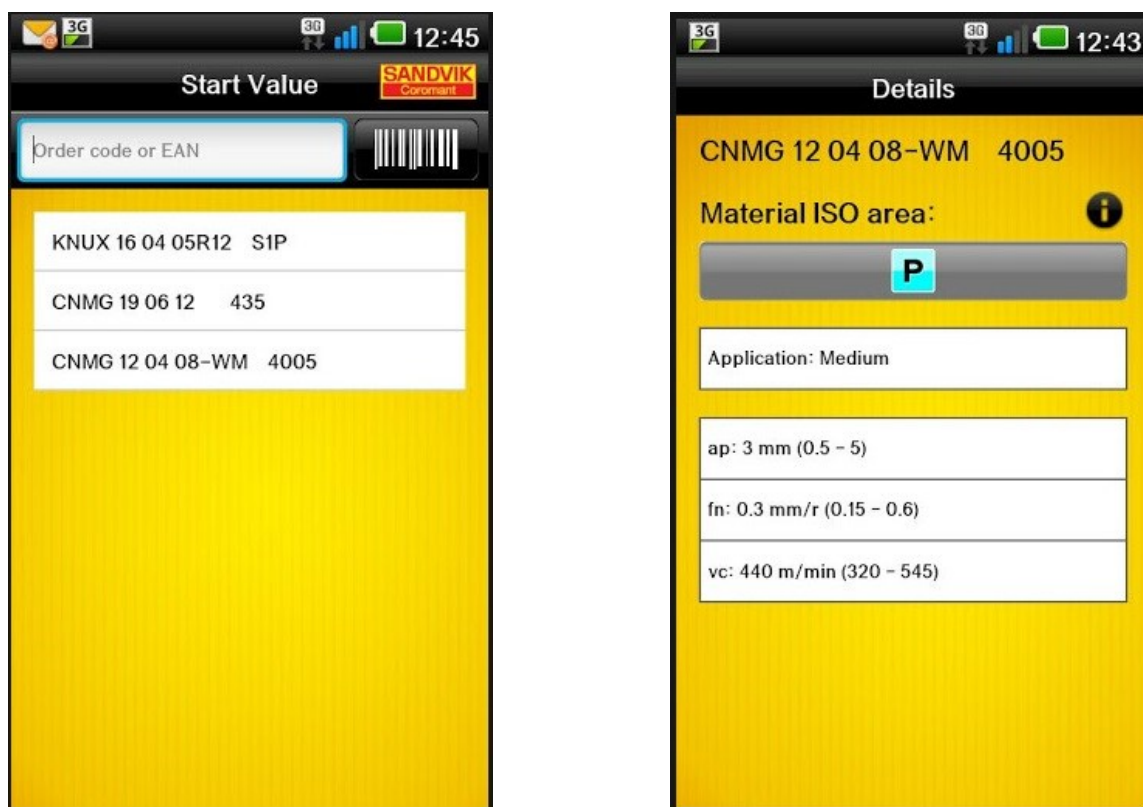
Sandvik Coromant je přední světový dodavatel nástrojů, nástrojových řešení a know-how pro kovozpracující průmysl. S rozsáhlými investicemi do výzkumu a vývoje vytváří společně s našimi zákazníky jedinečné inovace a nastavuje nové standardy produktivity. Patří mezi ně hlavně světový automobilový průmysl, letecký průmysl a energetický průmysl. Sandvik Coromant má 8000 zaměstnanců a je zastoupena ve 130 zemích světa. Jsme součástí obchodního řešení oblasti obrábění Sandvik a v rámci globální průmyslové skupiny Sandvik. [9]



Obr. 4.4 Profilový obrázek historie Sandvik Coromant [9]

4.2.1 Sandvik Coromant Start Values

Sandvik Coromant kalkulator je mobilní aplikace pro chytré telefony s operačním systémem Android a iOS a lze jej zadarmo stáhnout na Google Play nebo iTunes. Jedná se o aplikaci pro výpočet základních hodnot řezných podmínek. Po zadání vstupních hodnot lze z aplikace zjistit vhodné řezné podmínky pro nástroje vyráběné firmou Sandvik. Lze taky vložit kód výrobku pro usnadnění výběru. Celá aplikace je v anglickém jazyce a je vytvořena pro frézování, vrtání a soustružení. Hlavní výhodou je možnost zadání hodinového nákladu na stroj a spočítat tak nejrůznější data a náklady. Nevýhodou je nutnost vyplnění mnoha parametrů a nutnost znalosti technické angličtiny. Další nevýhodou je využití pouze na chytrém mobilním telefonu a nikoliv na počítači.



Obr. 4.5 Náhled mobilní aplikace Sandvik Coromant Start Values [9]



Obr. 4.6 Náhled 2 mobilní aplikace Sandvik Coromant Start Values [9]

4.3 Iscar

Výhradní zastupitelská pobočka mateřské izraelské firmy ISCAR Ltd. pro území České republiky ISCAR ČR s. r. o., byla založena v létě roku 1992 v Plzni. V době svého vzniku působila na území celé tehdejší Československé republiky. V současné době pracuje na Slovensku samostatná sesterská pobočka. Mateřská firma sídlí v izraelském Tefenu a patří již řadu let ke světové špičce v oblasti vývoje, výroby a celosvětové distribuce obráběcích nástrojů a řezných materiálů, které nacházejí uplatnění v nejrůznějších průmyslových odvětvích vyspělých zemí všech kontinentů. Strategie firmy spočívá nejen v důrazu na vysokou kvalitu a výkonnost vyráběných nástrojů a řezných materiálů, ale též v jejich upotřebitelnosti jak v podmínkách průmyslových gigantů se sériovou i kusovou výrobou, tak i v oblasti drobnějších výrobců s rozmanitou univerzální výrobou - a mnohdy i velmi speciálními požadavky na nástroj. [10]



Obr. 4.7 Pobočka Iscar ČR [10]

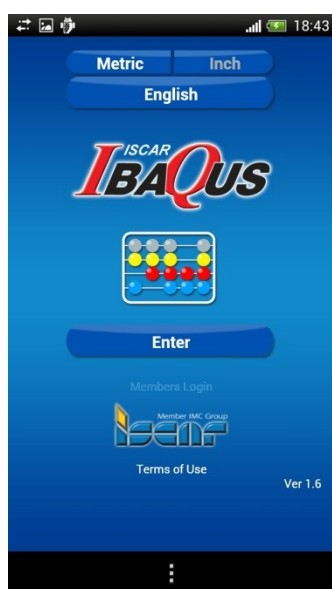
4.3.1 IbaQus a ITA

Asi nejpropracovanější systém výběru nástrojů má firma Iscar. Na jejich webových stránkách se lze snadno dostat k jejich počítačové aplikaci ITA – Iscar Tool Advisor a taky lze stáhnout verzi pro chytré mobilní telefony s operačním systémem Android nebo iOS. Obě verze jsou zdarma ke stažení na Google Play nebo iTunes. Ať počítačová nebo mobilní verze jsou velmi propracované a uživatelsky příznivé. Mezi velké výhody patří velké množství výběru technických specifikací, chlazení, rozměrů frézovacích ploch či obráběného materiálu. S tím vším aplikace pracují a na základě toho vybírají vhodné obráběcí nástroje. Jedinou nevýhodou tak je zpracování v anglickém jazyce, ale i to je doprovázeno mnoha obrázky.

4.3.2 IbaQus mobilní aplikace

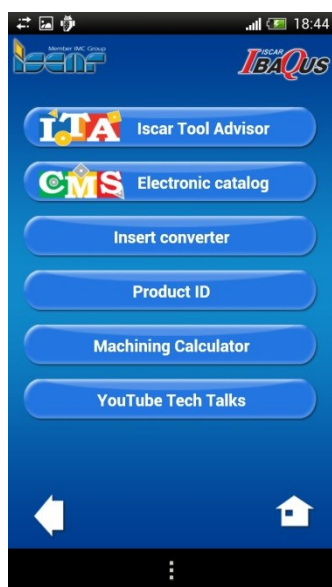
Mobilní aplikace IbaQus společnosti Iscar obsahuje 5 užitečných aplikací pro obráběcí operace.

- Iscar Tool Advisor – doporučuje ty nejlepší Iscar nástroje včetně optimálních podmínek
- Elektronický katalog – obsahuje všechny Iscar nástroje
- Vstupní konvertor
- Produkt ID
- Obráběcí kalkulátor



Obr.4.8 IbaQus [10]

Na úvodní stránce mobilní aplikace IbaQus (Obr. 4.8) je možné určit první vstupní parametry jako jazyk a použité jednotky. Po zvolení vstoupíme do aplikace tlačítkem enter neboli vstoupit. Po odkliknutí se zobrazí výběr aplikací, které chceme použít, viz Obr.4.9. Jako hlavní část programu je aplikace ITA, program ale obsahuje taky elektronický katalog a jiné užitečné aplikace.



ITA

Elektronický katalog

Vstupní konvertor

Produkt ID

Obráběcí kalkulátor

Obr.4.9 IbaQus [10]

Na Obr. 4.10 je zvolena aplikace ITA – Iscar Tools Advisor. Při zvolení této aplikace se zobrazí stránka pro volbu technologie obrábění jako frézování, soustružení, zapichování nebo vrtání. Protože je tato diplomová práce zaměřená na frézování, jako další volba je frézování.

Po zvolení operace frézování se jako další strana zobrazí volba tvaru obráběné plochy. Je možné vybírat z několika typů frézování jako osazení nebo frézování ploch nebo jiných tvarů. Slide je zobrazen na Obr. 4.11 .

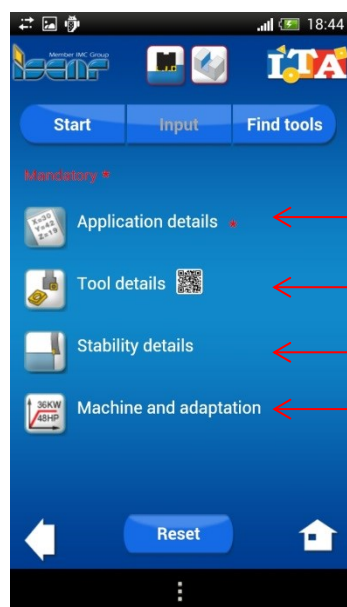


Obr.4.10 IbaQus [10]



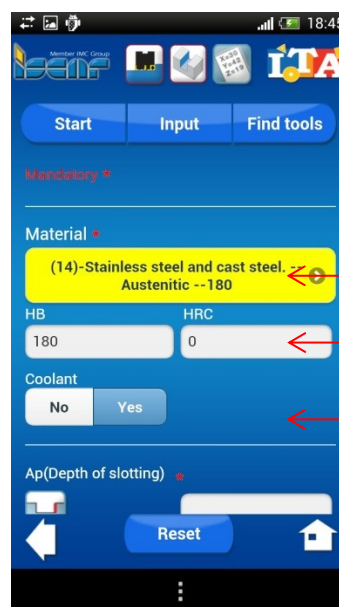
Obr.4.11 IbaQus [10]

Po zvolení tvaru se budou zadávat vstupní parametry viz. Obr.4.12 . Hlavní a nutné podmínky pro výběr nástroje se zadávají kliknutím na „vstupní hodnoty“ neboli „application details“ . Je zde možnost zadávat taky jiné parametry. Na Obr.4.13 a Obr.4.14 je zobrazeno zadávání vstupních hodnot jako materiál, možnost chlazení, hloubka, šířka a délka řezu. Při zadávání obráběného materiálu je možné vybírat ze 41 materiálů, které by měly reprezentovat téměř všechny obráběné materiály včetně tepelně zpracovaných.



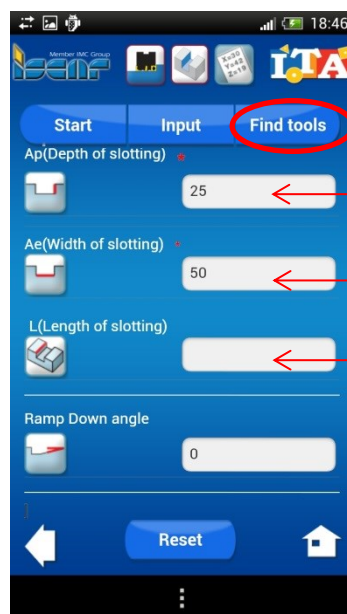
Vstup. hodn.
Nástroj. detail
Stabil. detail
Výpočty

Obr.4.12 IbaQus [10]



Obr. materiál
Tvrdost mat.
Chlazení

Obr.4.13 IbaQus [10]



Hloubka
Šířka
Délka

Obr.4.14 IbaQus [10]



Doporučené
parametry
obrábění
vybraného
nástroje

Obr.4.15 IbaQus [10]



Obr.4.16 IbaQus [10]

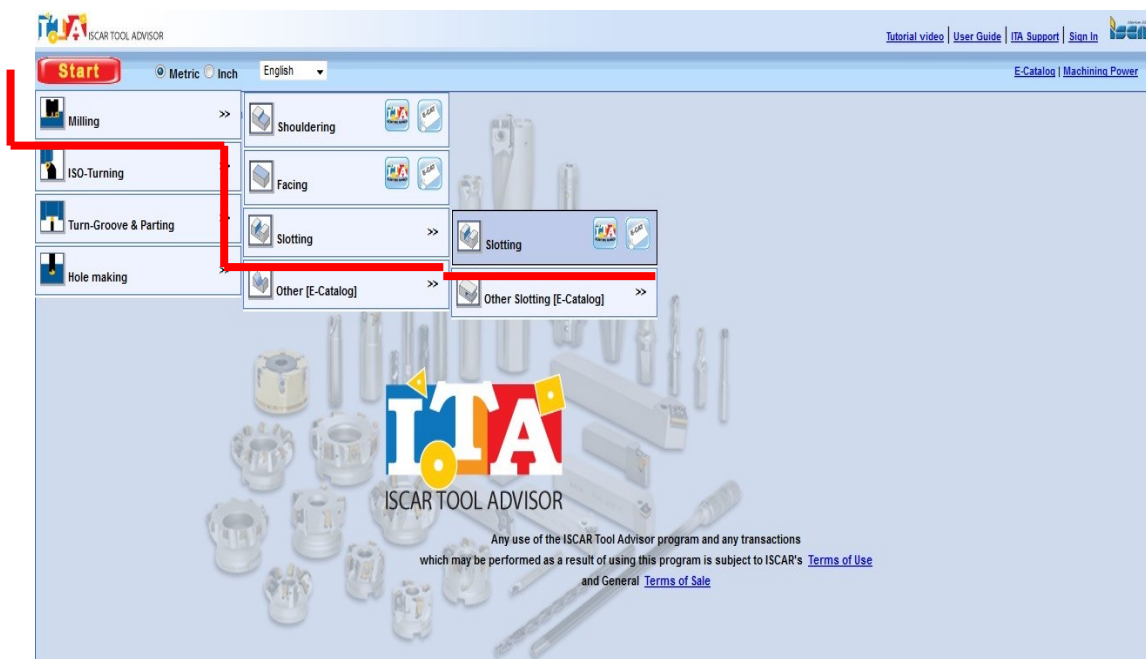
Po zadání všech známých vstupních parametrů se vhodný nástroj najde kliknutím na button „find tools“. Aplikace vyhodnotí zadané vstupní parametry a nalezne několik možností vhodného nástroje pro danou frézovací operaci a zobrazí taky všechny vhodné řezné podmínky pro daný nástroj tak, jako je uvedeno na Obr.4.15 .

V programu IbaQus pro chytré telefony lze zjistit veškeré parametry výsledného nástroje, který byl vybrán aplikací. Kombinace katalogu s výpočtním programem je rozhodně velkou výhodou firmy Iscar. Na Obr.4.16 je znázorněn náhled výsledného nástroje.

4.3.3 ITA – Iscar Tool Advisor

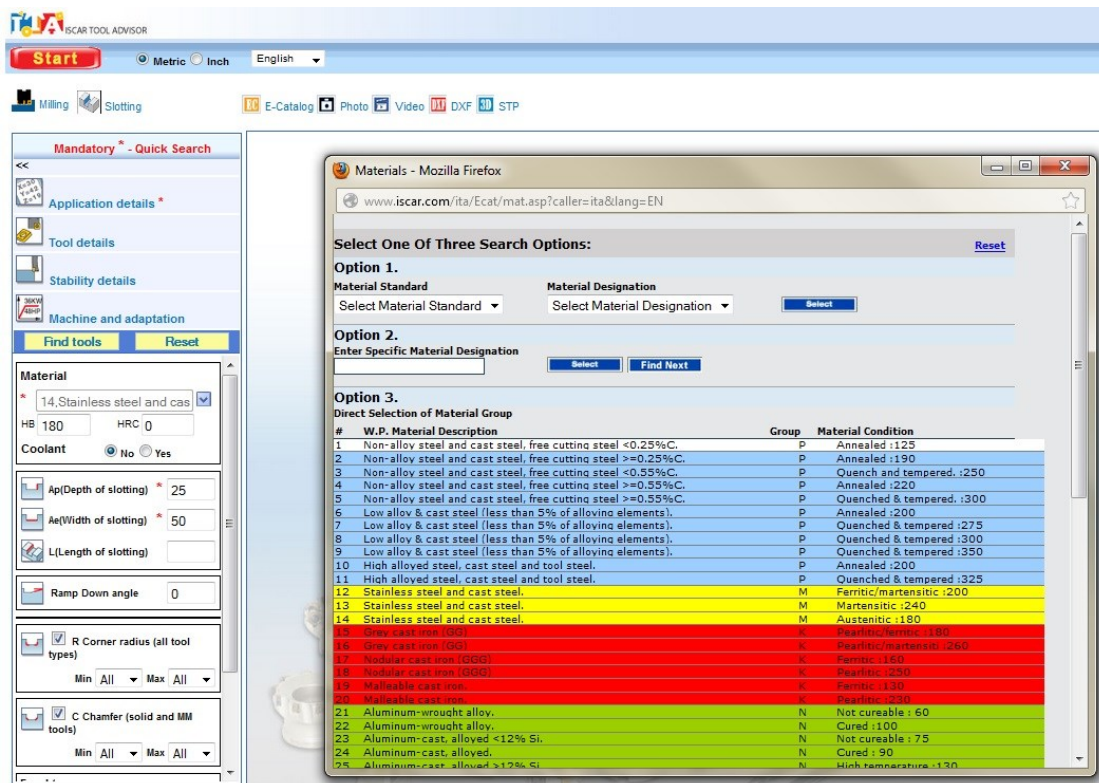
Systém ITA firmy Iscar pracuje na webovém rozhraní a tím nezatěžuje počítač ani mobilní telefon uživatele. Oproti mobilní verzi je webová mírně obsáhlejší a obsahuje spoustu odkazů na katalogy, fotky a dokonce videa daných výrobků v praxi. Jsou zde rozšířeny možnosti výběru např. drážek při frézování a jiné operace. V níže uvedeném screenshots popisu je naznačeno užívání tohoto systému pro výběr frézy a výpočet řezných podmínek určených právě ke zvolené fréze. Tato webová aplikace má výhodu ve volbě různých jazyků, včetně českého! Pro názornost ve srovnání s mobilní aplikací jsou screenshots vytvořeny v anglickém jazyce. Je však možné zvolit téměř všechny Evropské jazyky.

Firma Iscar samozřejmě nabízí velmi přehledný elektronický katalog na jejich webových stránkách, kde se lze rychle a snadně dostat k prvotním informacím jejich výrobků. Na Obr.4.17 je zobrazena startovací strana programu ITA a následný náhled výběru.



Obr. 4.17 ITA startovací strana [10]

Po najetí na tlačítko START je možnost výběru technologické operace obrábění jako frézování, soustružení, zapisování a vrtání. Pro náš případ bylo vybráno frézování, poté frézování drážky a drážka shora. Mimo tuto volbu je možnost frézovat schody nebo plochy a tvarové plochy.



Obr. 4.18 Detaily obrábění a volba obráběného materiálu [10]

Po výběru frézovací operace je na řadě bližší specifikace parametrů frézování. Povinné pole „detaily aplikace“ je jediné, které se musí nutně vyplnit (Obr.4.18). Prvním parametrem je obráběný materiál. Je zde možnost volby normy materiálu a poté označení materiálu. Dle těchto zadaných parametrů aplikace přiřadí materiál z knihovny a určí jeho tvrdost. Dále je možnost zadat obrábění s chlazením nebo bez chlazení. I tento parametr program vyhodnocuje pro výběr nástroje. Další nutný parametr k zadání je hloubka a šířka frézované drážky zadávané v milimetrech. Je zde možnost zadání u délky drážky, není ale nutná. Další volitelné parametry jako úhel zapouštění, rádius rohu nebo zkosení, dokonce i typ posuvu je možné zadat do tohoto programu.

The screenshot displays the ISCAR TOOL ADVISOR software interface. On the left, there is a sidebar with sections: Mandatory - Quick Search, Application details, Tool details, Stability details, and Machine and adaptation. The main area shows a table of tool recommendations for three different options (Option 1, Option 6, Option 11). The table is divided into sections for Tool, Insert, and Estimated cut.cond. A small window titled '2644.gif (GIF ob...)' is overlaid on the right side of the table, showing a 3D model of a tool insert.

	Option 1	Option 6	Option 11
Tool			
Product Family	FINISHED	HELIPUS	HELITANG
Designation	-	HP F90AT D50-3-22-22	T490 FLN D050-06-22-R-13
Catalog No	-	3103148	3195768
Dia (mm)	25	50	50
Shank type	W	22	22
Shank/Arbor D	25	22	22
Ap (mm)	52	21	12.5
Z / Flute	4	3	6
H Max depth (mm)			
L Tool length (mm)	121	50	40
Insert			
Designation	EFS-B44 25-S2W25-121	HP ADCT 2207PDR	T490 L
Catalog No	5622191	5604054	5607270
Ap Max (mm)	52	22	12
SolidMM dia	25	0	0
Corner R(mm)		1	6
Chamfer (mm)	0.60		
No of corners		2	2
Grade	IC900	IC928	IC830
Cutting edge		M6	M6
Estimated cut.cond.			
Ap per pass (mm)	25	12.5	4.2
Ap - NOP	1	2	6
Ap per pass (mm)	25	50	50

Obr. 4.19 Výsledná nabídka možných fréz [10]

Výsledkem programu, který zpracoval všechny vstupní informace je možnost výběru z několika vhodných fréz pro náš účel (Obr.4.19). V tomto případě jsou tři možné volby. Každá z těchto fréz je popsána doporučenými řeznými podmínkami, fotodokumentací a dokonce videem nástroje v řezu umístěným na youtube (Obr.4.20). Mimo nástroje jsou zde taky uvedeny vyměnitelné břitové destičky a kompletní katalogová dokumentace.



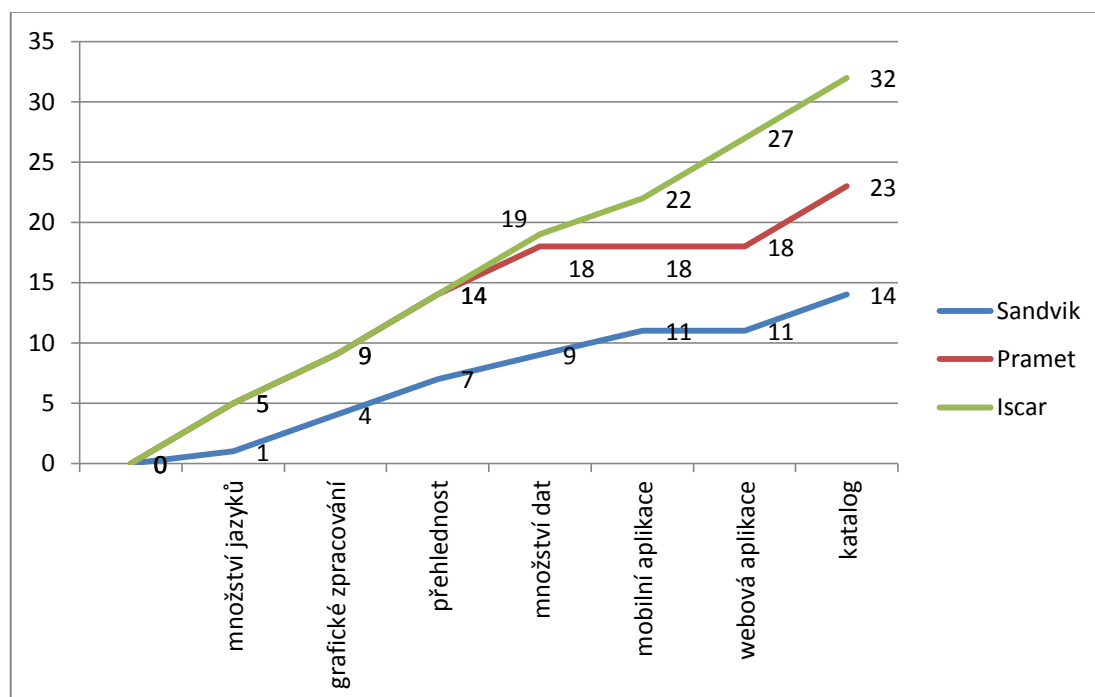
Obr. 4.20 Ukázka videa z programu ITA [10]

4.4 Výsledná volba nástroje

Pro výběr vhodného výrobce, který nabízí nejlepší a nejsnazší volbu pro zákazníka, byla vytvořena tabulka, kde je hodnoceno zpracování a kvalita nabízených programů. O kvalitě všech tří výrobců není pochyb, a proto bude zvolen výrobce, který dodává pro své výrobky co možná nejpřesnější údaje o použití nejsnazší cestou. V grafu 4.1 je dle bodového hodnocení vybraných kritérií vybrán vhodný výrobce. Bodové hodnocení je zadáváno v rozmezí 1-5 bodů, kde 5 bodů je nejlepší.

Tab. 4.1 Bodové hodnocení

	Pramet	Sandvik	Iscar
množství jazyků	5	1	5
grafické zpracování	4	3	4
přehlednost	5	3	5
množství dat	4	2	5
mobilní aplikace	0	2	3
webová aplikace	0	0	5
katalog	5	3	5
	23	14	32



Graf 4.1. Graf kvality zpracování systému pro výběr nástroje

Pro další operace frézování budou vybírány nástroje od firmy Iscar, protože je nejsnazší a nejprůhlednější dostat se ke správným doporučeným řezným podmínkám. Graf 4.1 jednoznačně ukazuje nejlepší kvalitu zpracování systému pro výběr nástroje. Pro kvalitní výrobky je nutné mít kvalitní řezné podmínky. Jednoznačně nejlepším řešením jsou systémy zpracovávající všechny vstupní informace a doporučující vhodné nástroje.

5 Zefektivnění frézování

V této části práce je popsán a nasimulován postup frézování několika kapes a čela pro jedno upnutí.

5.1 Výběr použitých fréz a volba řezných podmínek

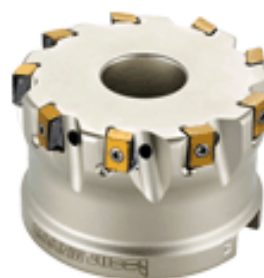
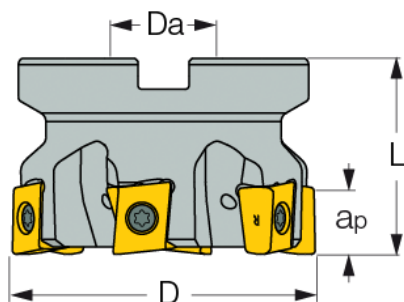
Použité frézy firmy Iscar budou generovány ze systému ITA a použity doporučené řezné podmínky z tohoto systému. Je nutné vybrat několik druhů fréz pro frézování různých zaoblení a tvarů. Výběr je ilustrován níže.

5.1.1 Frézování čelní plochy a čelního osazení

Fréza č.1.

Zadané hodnoty:	Norma materiálu:	DIN
	Označení materiálu:	90MnCrV8
	Chlazení:	Ano
	a_p (hloubka drážkování):	5mm
	a_e (šířka drážkování):	30mm

Výsledná fréza:	Označení:	T490 FLN D050-06-22-R-13
	Katalogové číslo:	3195768
	Průměr:	50mm
	Typ stopky:	A
	a_p :	12,5mm
	Z:	6



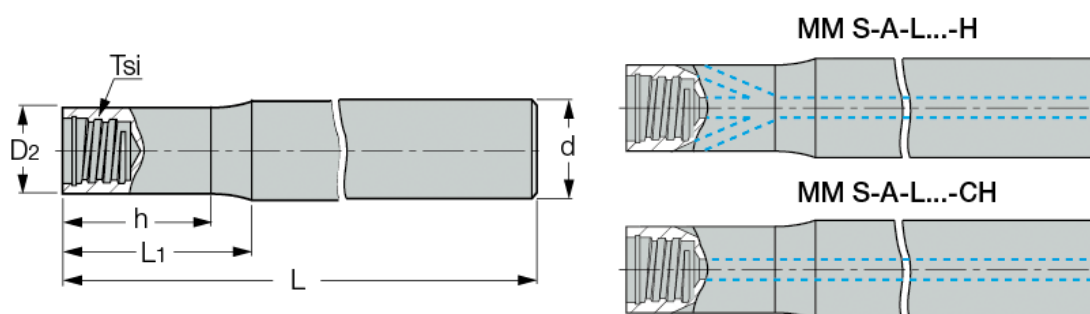
Obr. 5.1 Fréza č.1 [10]

Řezné podmínky:	a_p (mm):	5
	v_c (m/min):	131
	n (1/min):	833
	f_z (mm/zub):	0,19
	v_f (mm/min) :	950

5.1.2 Frézování horní kapsy

Fréza č.2

Zadané hodnoty:	Norma materiálu:	DIN
	Označení materiálu:	90MnCrV8
	Chlazení:	Ano
	a_p (hloubka drážkování):	25mm
	a_e (šířka drážkování):	10mm
	R (zaoblení):	2mm
Výsledná fréza:	Označení:	MM S-A-L075-C10-T06
	Katalogové číslo:	3102473
	Průměr:	10mm
	Typ stopky:	C
	a_p :	9mm
	Z:	2



Obr. 5.2 Držák frézy č.2 [10]



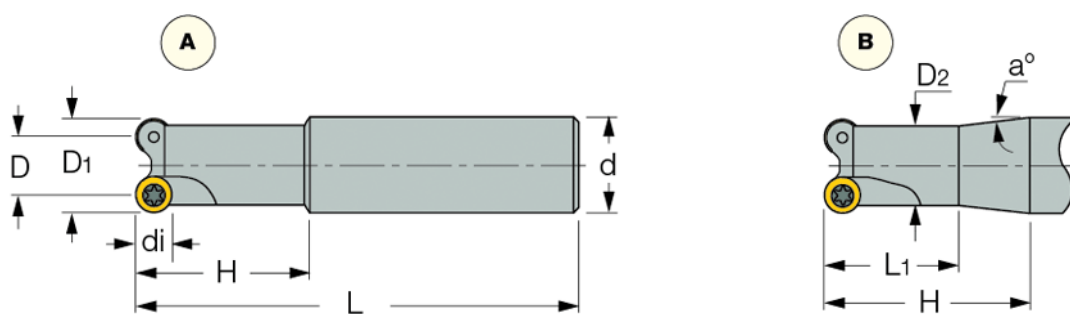
Obr. 5.3 Fréza č.2 [10]

Řezné podmínky:	a_p (mm):	8,3
	v_c (m/min):	189
	n (1/min):	6000
	f_z (mm/zub):	0,05
	v_f (mm/min) :	600

5.1.3 Frézování boční kapsy 1

Fréza č.3

Zadané hodnoty:	Norma materiálu:	DIN
	Označení materiálu:	90MnCrV8
	Chlazení:	Ano
	a_p (hloubka drážkování):	14mm
	a_e (šířka drážkování):	116mm
	R (zaoblení):	10mm
Výsledná fréza:	Označení:	ER D22A32-4-C25-10
	Katalogové číslo:	3101333
	Průměr:	32mm
	Typ stopky:	C
	a_p :	5mm
	R (zaoblení):	10mm
	Z:	2



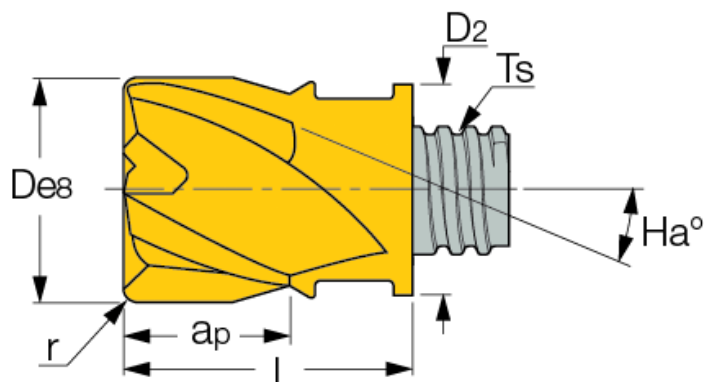
Obr. 5.4 Fréza č.3 [10]

Řezné podmínky:	a_p (mm):	5
	v_c (m/min):	210
	n (1/min):	2090
	f_z (mm/zub):	0,13
	v_f (mm/min):	545

5.1.4. Frézování bočních kapes 2 a 3

Fréza č.4

Zadané hodnoty:	Norma materiálu:	DIN
	Označení materiálu:	90MnCrV8
	Chlazení:	Ano
	a_p (hloubka drážkování):	17mm
	a_e (šířka drážkování):	16mm
	R (zaoblení):	4mm
Výsledná fréza:	Označení:	MM S-A-L070-W20-T10
	Katalogové číslo:	3103184
	Průměr:	16mm
	Typ stopky:	W
	a_p :	12mm
	R (zaoblení):	4mm
	Z:	2



Obr. 5.5 Fréza č.3 [10]

Řezné podmínky:	a_p (mm):	8,5
	v_c (m/min):	190
	n (1/min):	3780
	f_z (mm/zub):	0,05
	v_f (mm/min) :	756

V tab.5.1 je zjednodušeně znázorněno použití jednotlivých fréz pro jednotlivé kapsy.

Tab.5.1. Přiřazení fréz

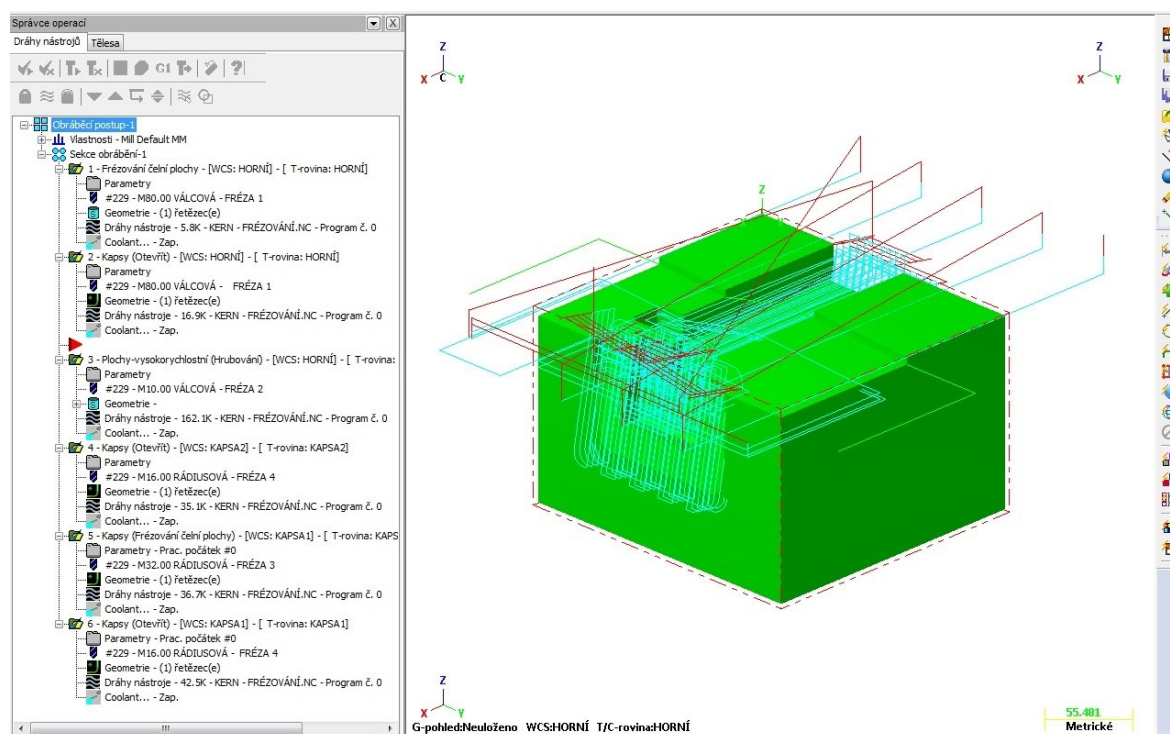
FRÉZA			
	Fréza	Katalogové číslo	Průměr
Čelo	Fréza č.1	3195768	50mm
Čelní osazení	Fréza č.1	3195768	50mm
Horní kapsa	Fréza č.2	3102473	10mm
Boční kapsa 1	Fréza č.3	3101333	32mm
Boční kapsa 2	Fréza č.4	3103184	16mm
Boční kapsa 3	Fréza č.4	3103184	16mm

5.2 Simulace frézování v programu Mastercam

Pro získání času obrábění s vybranými nástroji a jejich řeznými parametry byla použita simulace v programu Mastercam. Tento program reálně simuluje obráběcí operace včetně výběru nástrojů a zadání řezných parametrů. Pro případ této diplomové práce byla využita simulace frézování.

Na Obr.5.6 je znázorněna simulace frézování včetně popisů frézování jednotlivých kapes. Jsou viditelné i dráhy nástrojů při obráběcích posuvech i při rychloposuvech. Je využito chlazení procesní kapalinou, které bylo zadáno již při výběru nástrojů.

V Tab.5.2 je popsán postup frézování kapes s číselným označením. Každé číslo operace má nastaveny dráhy nástrojů, řezné podmínky a všechny nezbytnosti, důležité k co nejpřesnějším výsledným časům. Frézovací pozice jsou znázorněny v kapitole 2 na obr.2.1. a názvy těchto kapes a jiných otvorů souhlasí s názvy i v dalších částech této práce.



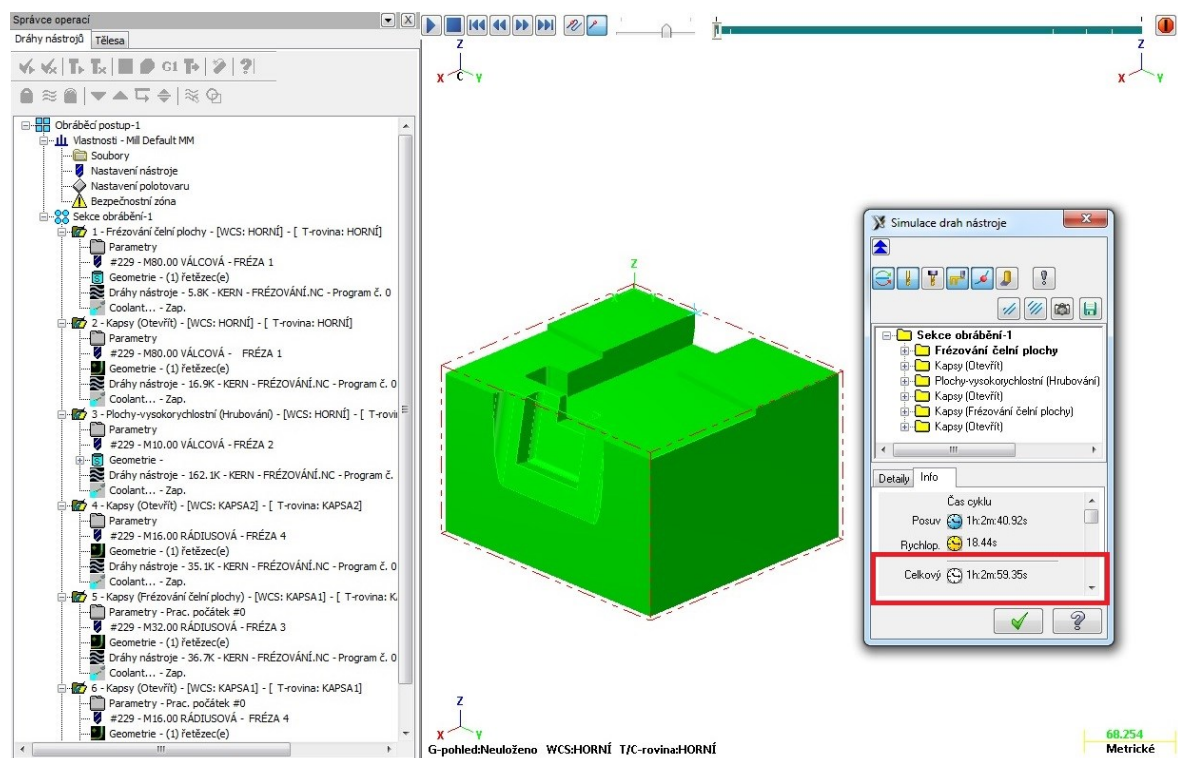
Obr.5.6 Simulace frézování součásti KERN



Tab.5.2. Postup simulace frézování

Číslo operace	Frézovací pozice	Nástroj
1	Čelo	Fréza č.1
2	Čelní osazení	Fréza č.1
3	Horní kapsa	Fréza č.2
4	Boční kapsa 3	Fréza č.4
5	Boční kapsa 1	Fréza č.4
6	Boční kapsa 2	Fréza č.3

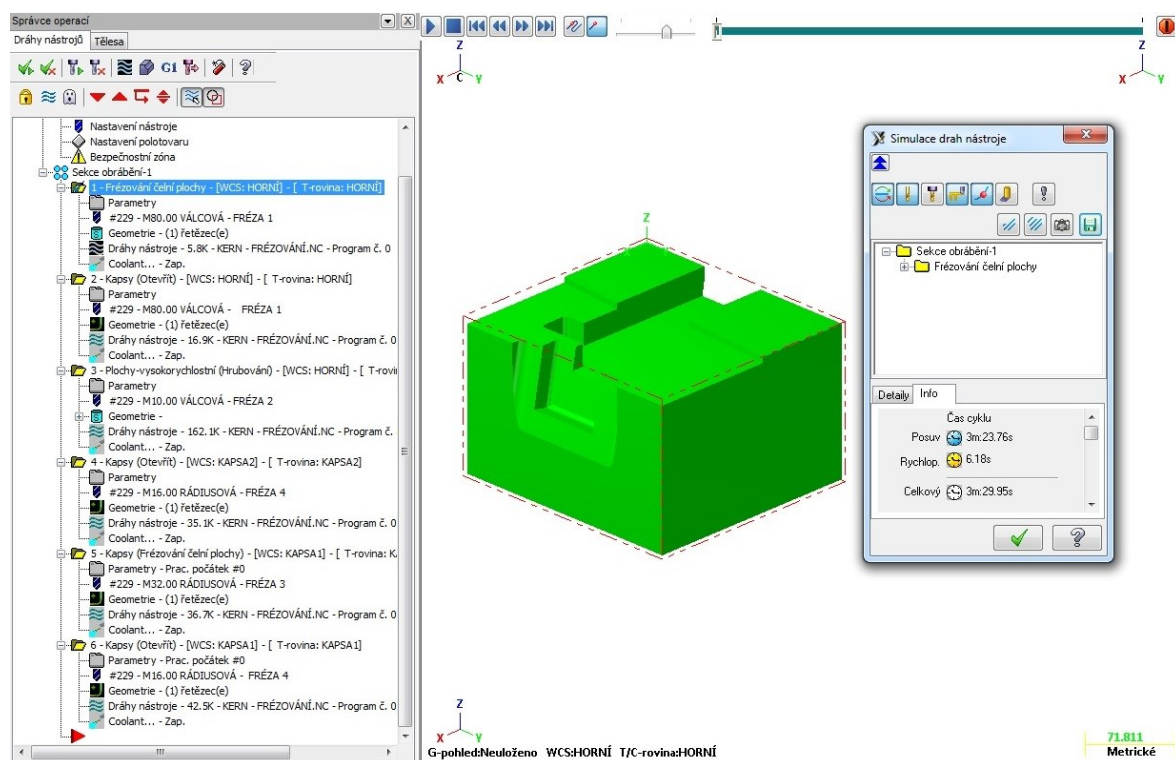
Na Obr.5.7 je znázorněna kompletní simulace včetně výsledného času obrábění. Tento čas bude dále využit pro technicko-ekonomické zhodnocení ve srovnání s reálným časem obrábění v praxi.



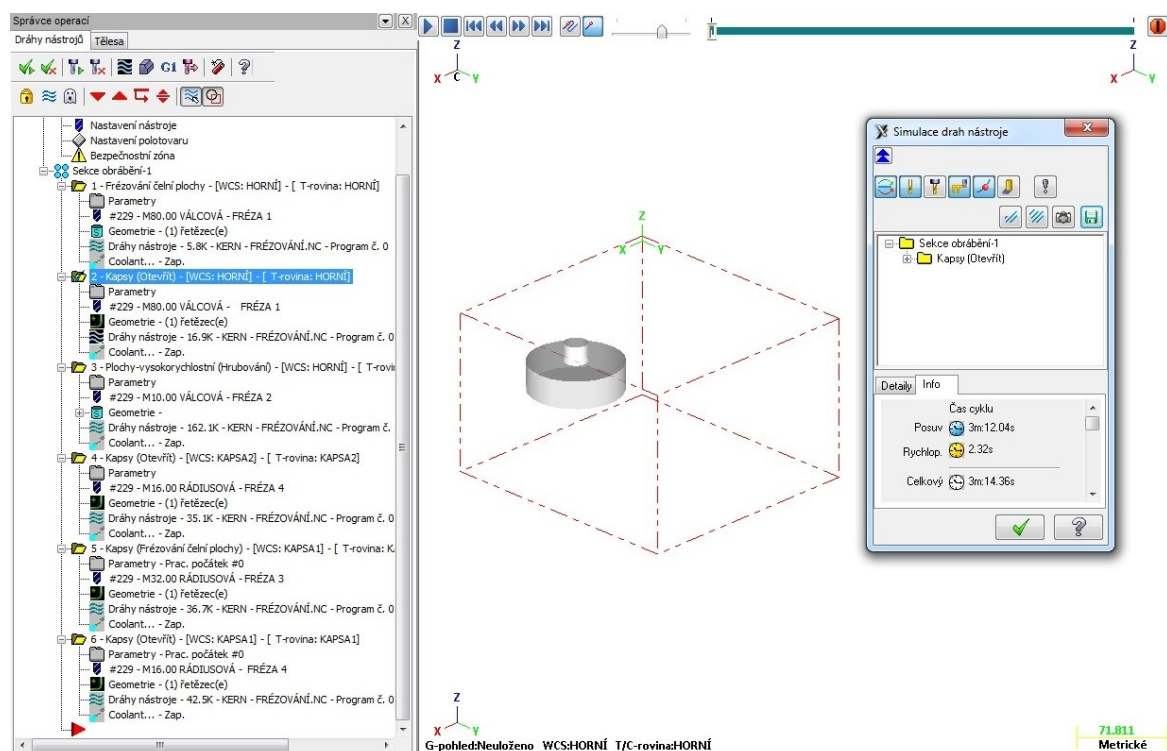
Obr.5.7 Celkový čas simulace frézování



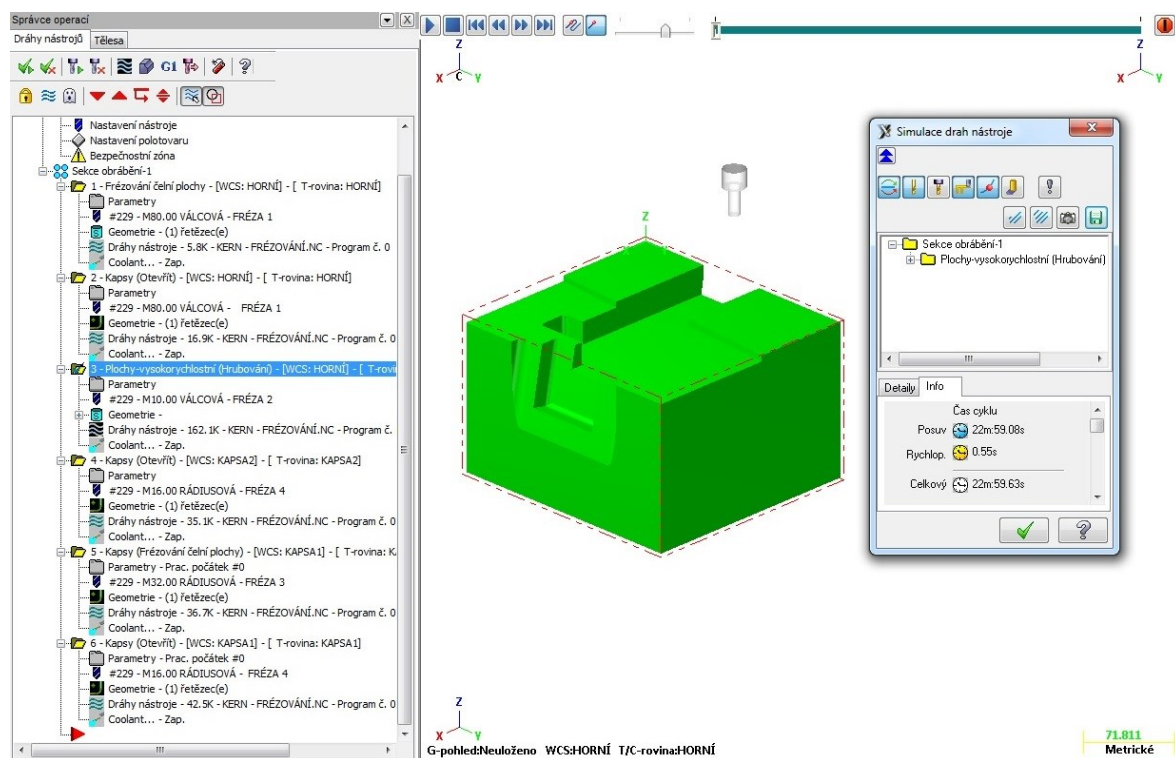
Všech šest časů ze simulovaných frézování jsou znázorněny na obrázcích Obr.5.8, Obr.5.9, Obr.5.10, Obr.5.11, Obr.5.12 a Obr.5.13.



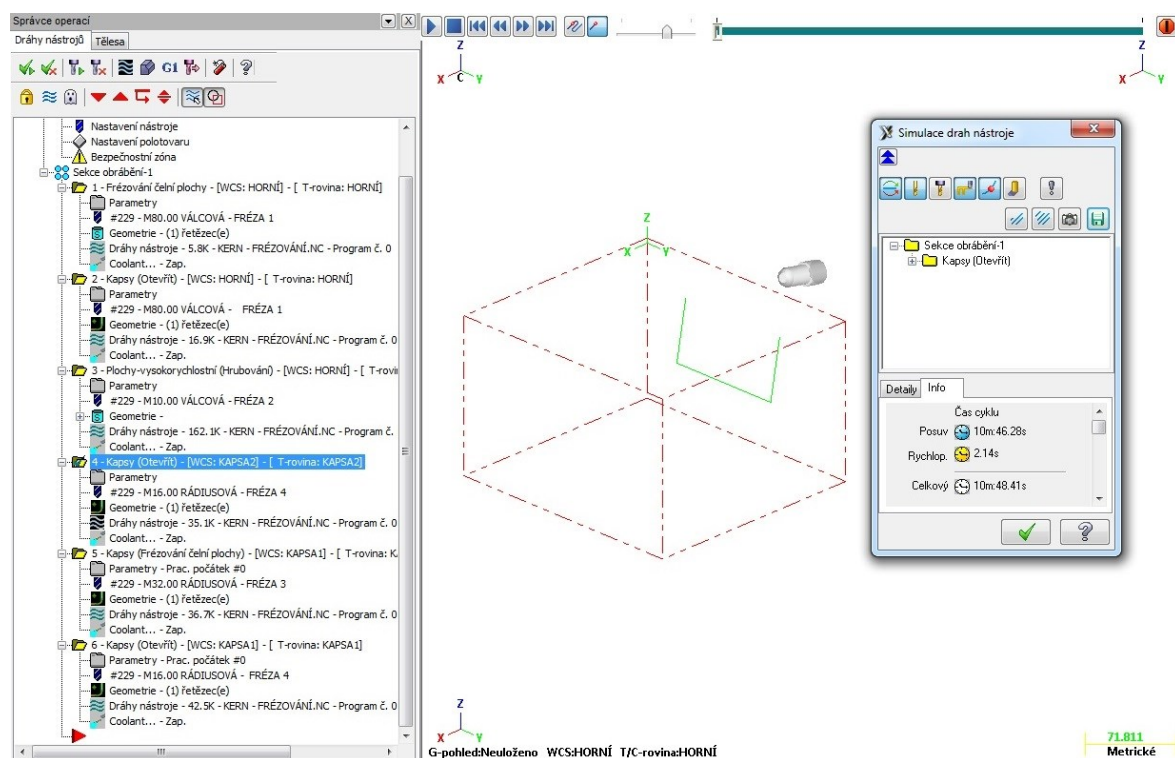
Obr.5.8 Čas frézování čela



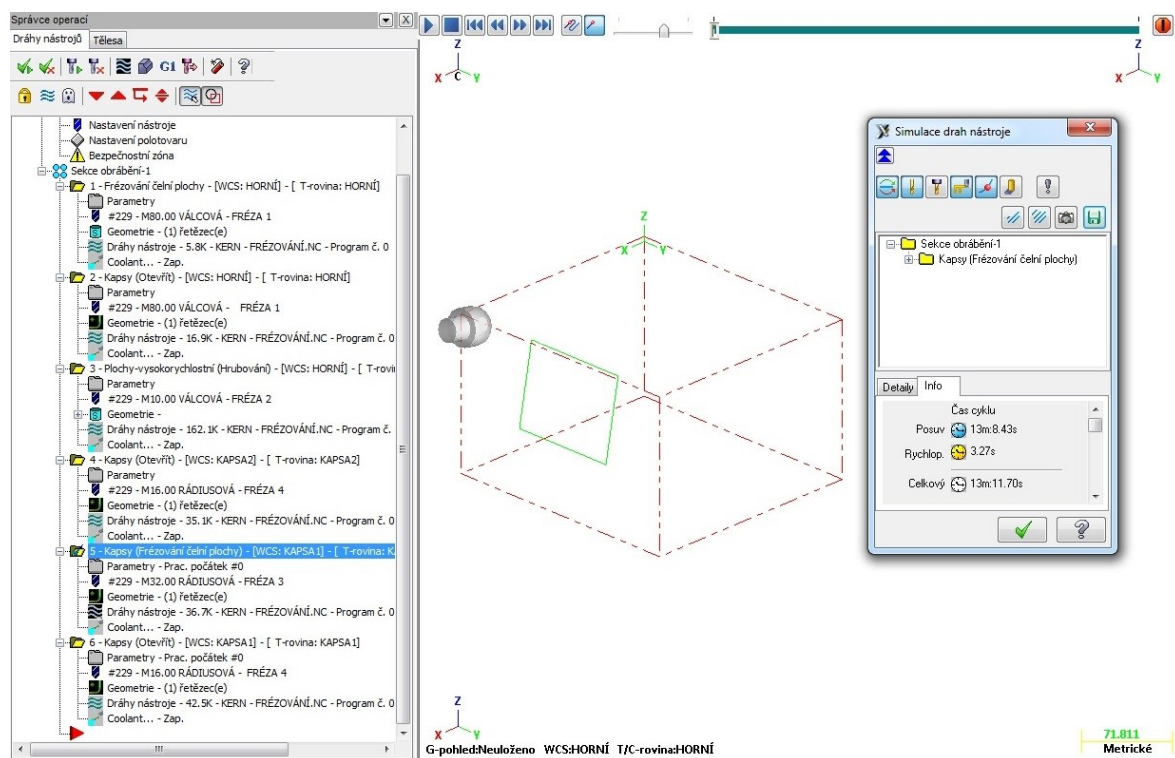
Obr.5.9 Čas frézování čelního osazení



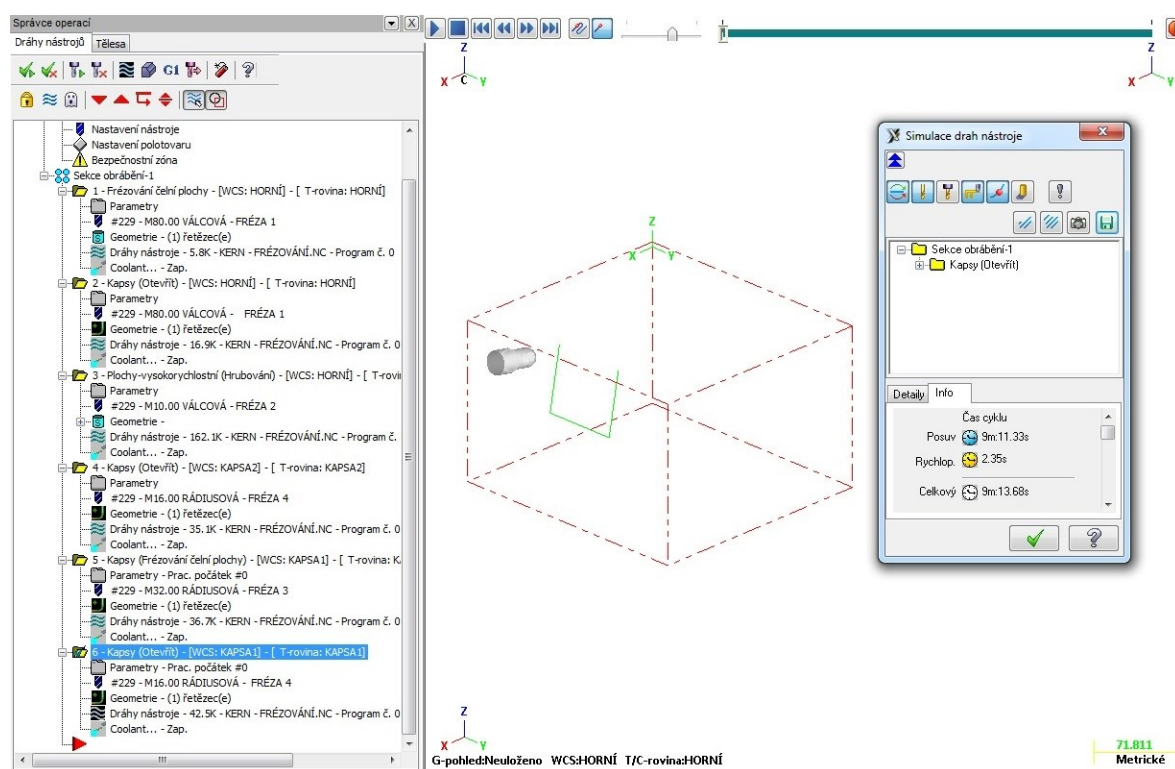
Obr. 5.10 Čas frézování horní kapsy



Obr.5.11 Čas frézování boční kapsy 3



Obr.5.12 Čas frézování boční kapsy 1



Obr.5.13 Čas frézování boční kapsy 1



Celkový výsledný čas simulace frézování všech šesti částí byl vygenerován na zaokrouhlenou hodnotu **63minut**. Všechny frézované části byly simulovány za použití výsledných řezných podmínek a nástrojů z ITA. V tab.5.3. jsou zaneseny časy jednotlivých frézovacích operací.

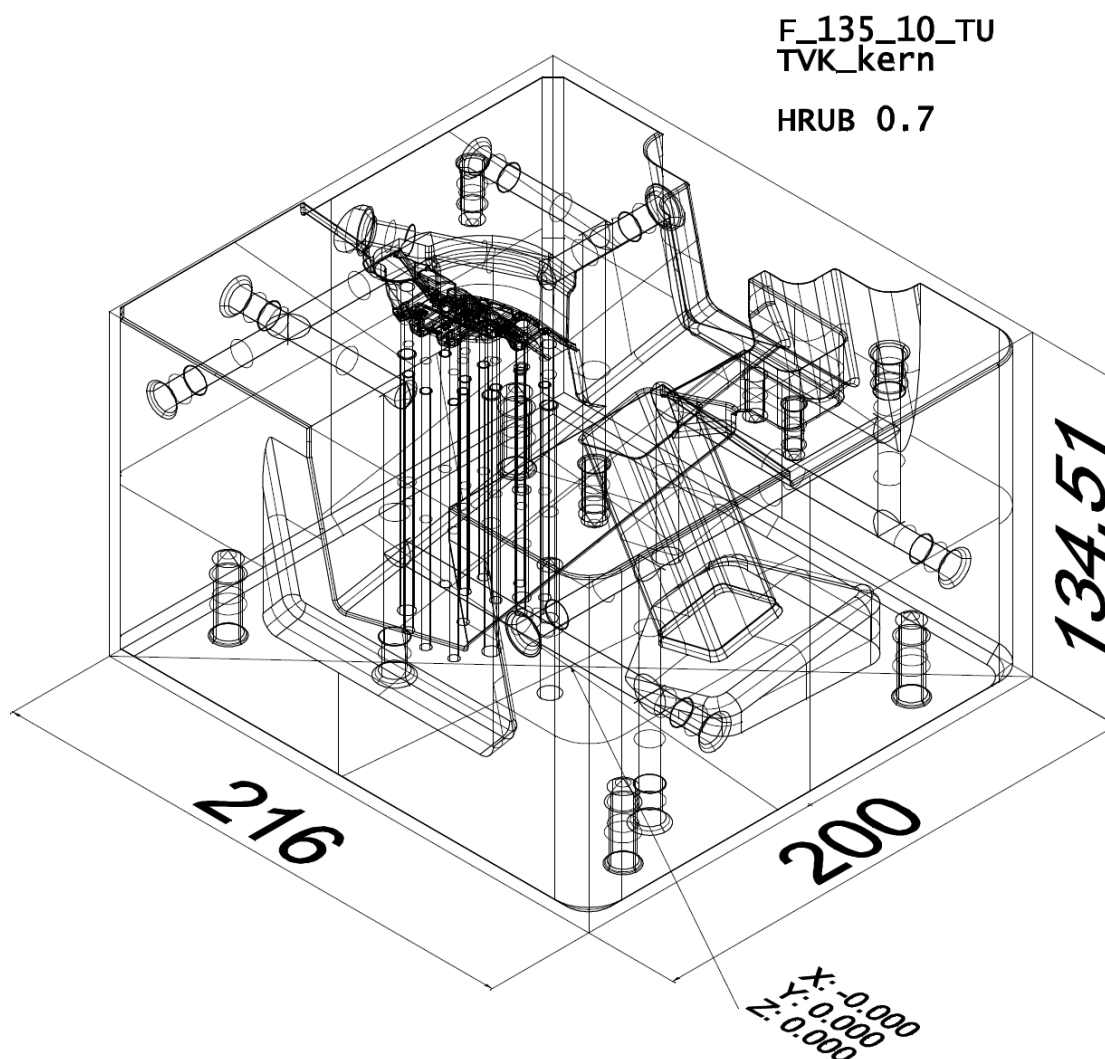
Tab.5.3. Časy jednotlivých operací

Číslo operace	Výsledný čas (s)	v_c (m/min)	n (1/min):
1	210	131	833
2	194	131	833
3	1379	189	6000
4	648	210	2090
5	792	190	3780
6	554	190	3780
CELKEM	3777 s = 63 min		

6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Tato část práce se bude zabývat zhodnocením technického zefektivnění frézovacího hrubování na součásti KERN. Z výsledných časů simulace obrábění a reálných časů obrábění bude zjištěna časová úspora a tím i úspora finanční. Reálné časy hrubovacího frézování byly převzaty z průvodního dokumentu dané součásti, který je zobrazen na Obr.6.1. .

Protože tato diplomová práce navazuje na bakalářskou práci, bude první přepočítána úspora časová i finanční hrubovacího frézování a poté doplněna o úsporu vrtání z bakalářské práce. V první části tedy bude zhodnocena operace hrubovacího frézování.



***** NÁVODKA PRO FRÉZOVÁNÍ CAM - WorkNC *****											
Datum: Pondělí 09 Srpen 15:32 Projekt č.: 135kh Programátor : Jarda											
CAD - Geometrie: zalp.wnc						OFFSET k CAD: 0.0					
CAD - Geometrie: tvk_kern.wnc						OFFSET k CAD: 0.0					
Projekt KOMENTÁŘ: TECHNOLOGIE/PROGRAMY/tvk_kern											
PARAMETRY FRÉZOVACÍCH DRAH (Pozor!! Údaje: Zmin Zmax = střed nástroj!!)											
	Frézovací metoda	Příd.	D-nást	R-roh	Zmin	Zmax	To1.	Krok	Z-krok	Číslo progr.	Čas
1	Hrub. Z-kon. polot.	0.70	35.00	6.00	0.04	155.21	0.100	24.00	0.6	135kh01.h	40.601 min
2	Hrub. Z-kon. polot.	0.70	20.00	0.80	57.69	144.82	0.100	15.00	0.5	135kh02.h	12.339 min
3	Hrub. Z-kon. polot.	0.70	12.00	1.00	63.39	152.21	0.100	7.00	0.3	135kh03.h	23.863 min
4	Hrub. Z-kon. polot.	0.70	8.00	1.00	87.00	152.21	0.100	5.00	0.2	135kh04.h	5.709 min
5	Hrub. Z-kon. polot.	0.70	6.00	0.50	105.97	151.71	0.100	4.00	0.1	135kh05.h	2.012 min
6	Hrub. Z-kon. polot.	0.70	4.00	0.50	108.17	151.71	0.100	2.00	0.1	135kh06.h	9.130 min

Obr.6.1. Průvodní dokumentace hrubovacího frézování součásti KERN



Z průvodní dokumentace na Obr.6.1. je patrné, že součet časů frézování operací č.4,5 a 6, jejichž časy jsou frézování kapsy dna součásti, je **76,8 minut**. Tento čas je odpovídající frézování všech šesti simulovaných částí. V Tab.6.1. jsou shrnuty časy výroby a celková časová úspora.

Tab.6.1. Souhrn časů frézování

Čas frézování reálný	76,8 minut
Čas frézování simulovaný	63 minut
Časová úspora	13,8 minut

Celková časová úspora hrubovacího frézování je **13,8 minut**. Tato časová úspora bude následně přepočítána na finanční. Při hodinové sazbě 5osého frézovacího centra **650Kč/hod** budou frézovány a vrtány všechny podobné součásti ve firmě SKD Bojkovice. Při přepočtu níže je patrné, že finanční úspora na dané součásti KERN je nepatrná. Je třeba vzít do úvahy, že firma vyrábí ročně cca 110 forem a průměrně je frézováno na každé formě kolem tří podobných součástí. Tento propočet je vyobrazen v Tab.6.2. .

Tab.6.2. Ekonomické zhodnocení

Časová úspora na 1 součást (KERN)	13,8 minut
Finanční úspora při 650Kč/hod	149,5 Kč
Finanční úspora za 1 formu (3 součásti)	448,5 Kč
Finanční úspora za 1 rok (110 forem)	49 335 Kč

V Tab.6.2. je zobrazeno ekonomické zhodnocení od finanční úspory na simulovaném kusu KERN až po celkovou finanční úsporu za jeden rok. Ve firmě je frézováno mnohem více jiných částí vstřikovacích forem a při úpravě řezných podmínek vůči novým nástrojům by se ušetřilo mnohem více finančních prostředků. Roční finanční úspora se vyšplhala na 49 335Kč.

Při roční úspoře hrubovacího frézování podobných součástí 49 335Kč a započítání úspory z vrtání v bakalářské práci 41 250Kč je možná úspora pro firmu celkem 90 585 Kč !



7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navázat na bakalářskou práci a zefektivnit výrobu součástí KERN, která je použita jako díl vstřikovací formy pro plastové výlisky. Hlavní náplní práce je použití vysokorychlostního obrábění, konkrétně frézování ve výrobě. Ve firmě SKD Bojkovice jsou stroje určeny pro HSC, ale tyto podmínky nejsou vždy nastaveny.

První část práce se zabývala výběrem nástrojů a jejich parametrů. Pro tento výběr bylo využito programů, které nabízí jejich výrobci. Tyto programy vyhodnocují parametry obrábění jako materiál, hloubka řezu ale i chlazení. Dle toho vybírají vhodné nástroje a jejich řezné podmínky. Jako nejlepší systém pro výběr nástrojů byl vyhodnocen systém od firmy Iscar – Iscar Tool Advisor (ITA). Mezi hodnocenými výrobci byli Pramet, Sandvik a vítězný Iscar. Pomocí systému ITA byly vybrány 4 nástroje – frézy i s řeznými podmínkami.

V druhé části se práce zabývala simulací hrubovacího frézování. Byl použit program pro simulování Mastercam. Pomocí tohoto systému bylo simulováno frézování šesti kapes a při nastavení řezných podmínek ke každému nástroji byl získán celkový čas obrábění. Byly nastaveny vhodné dráhy nástrojů. Celková časová úspora na kusu KERN byla 13,8 minuty.

V kapitole 6 byly propočítány úspory jak za jeden kus, tak i roční. Celková roční úspora při využití vysokorychlostního frézování je téměř 50 tisíc korun. Spolu se zefektivněním vrtání v bakalářské práci, se dostalo na více než 90. tisícové finanční úspore za jeden rok při předpokládaném objemu výroby 110 forem.



Seznam použité literatury

- [1] SKD Bojkovice [online]. 2000 [cit. 2013-03-4].
Dostupné z WWW: www.skd-bojkovice.cz
URL: < <http://www.skd-bojkovice.cz/cs/o-nas-predstaveni-spolecnosti.php> >
- [2] Böhler [online]. 2009 [cit. 2013-03-4]. Dostupné z WWW: www.bohler.cz
URL: < http://bohler.cz/czech/nastrojove_oceli_za_studena.php >
- [3] VÁVRA, Pavel. *Strojírenská příručka: Svazek 7. první*. Příbram: Scientia s.r.o., 1996. ISBN 80-7183-024-0.
- [4] KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění. druhé*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [5] ŘASA, Jaroslav; GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3 : Metody, stroje a nástroje pro obrábění- 1.díl*. Praha 6 :Scientia s.r.o., 2000. 256s. ISBN 80-7183-207-3.
- [6] BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Technologie II - 2.díl. 1.vydání*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [7] Vysokorychlostní frézování kalených ocelí. In: [online]. [cit. 2013-03-12].
Dostupné z: <http://technik.ihned.cz/c1-11353170-vysokorychlostni-frezovani-kalenych-oceli>
- [8] Pramet. [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.pramet.com>
- [9] Sandvik. [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/pages/default.aspx>



- [10] Iscar. [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.iscar.cz/index.aspx/countryid/6>
- [11] SADÍLEK, Marek. *Nekonvenční metody obrábění I.* 1. Ostrava : VŠB-TUO, 2009. 152 s. ISBN 978-80-248-2107-8.
- [12] Sebal. [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.sebald.cz/brouseni-kovu~c434.html>

**Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat řediteli firmy SKD Bojkovice Ing. Petrovi Kuchařovi za možnost vytvořit svou práci v této firmě a panu Ing. Kamilovi Bartošovi za odborné rady a spolupráci.

Dále chci poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Kratochvílovi, Ph.D. za vedení, připomínky a pomoc při tvorbě této práce.